BHS III 1-27

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke
Bibliothek:
Gruppe: III
B. Nr. 1
Aktiengesellschaft

Handbuch

der

Dampfmaschinen-Baukunst.

Eine vollständige technische Untersuchung über die Materialien, die Zusammensetzung, Ausführung und Veranschlagung aller Arten und aller bekannten Systeme, der kleinsten und der größten Dampfmaschinen.

Von

C. M. Bataille und C. E. Jullien.

Zweiter Theil.

Mit 23 Tafeln Abbildungen.

1849.

BIBLIOTHEK DER K.B. GENERAL BERGW.U.SALINEN ADMINIST.

Der praktische

Maschinenbauer.

Enthaltend:

Die Dampfmaschinen-Baukunst.

Eine vollständige technische Untersuchung über die Materialien, die Zusammensetzung, Ausführung und Veranschlagung aller Arten und aller bekannten Systeme, der kleinsten und der größten Dampfmaschinen. Von den französischen Ingenieuren C. M. Bataille und C. E. Jullien.

Ein Handbuch

für

Maschinenbauer, Mechaniker, Kunstdrechsler und Fabrikbesitzer.

Nach den besten Werken über diesen Gegenstand bearbeitet

von

Andr. Valent. Demme,

praktischem Maschinenbauer.

Siebenundzwanzigste Lieferung.

Mit 23 Tafeln Abbildungen.

Quedlinburg und Leipzig.

Druck und Verlag von Gottfr. Basse.

1849.

Bibliothek der K. Bergwerks-Admin.

Bayerische Staatsbibliothek München

Handbuch

der

Dampfmaschinen-Baukunst.

Enthaltend:

Eine vollständige technische Untersuchung über die Materialien, die Zusammensetzung, Ausführung und Veranschlagung aller Arten und aller bekannten Systeme, der kleinsten und der größten Dampfmaschinen.

Von

den französischen Ingenieuren

C. M. Bataille und **C. E. Jullien.**

Zweiter Theil.

Mit 23 Tafeln Abbildungen.
(Tafel 17 — 39.)

Quedlinburg und Leipzig.

Druck und Verlag von Gottfr. Basse.

1849.

Handbuch

der

Dampfmaschinen-Baukunst.

Enthaltend:

Eine vollständige technische Untersuchung über die Materialien, die Zusammensetzung, Ausführung und Veranschlagung aller Arten und aller bekannten Systeme, der kleinsten und der größten Dampfmaschinen.

Von

den französischen Ingenieuren

C. M. Bataille und C. G. Jullien.

Zweiter Theil.

Mit 23 Tafeln Abbildungen.

(Tafel 17 — 39.)

Quedlinburg und Leipzig.

Druck und Verlag von Gottfr. Basse.

1849.

Vorwort des Uebersetzers.

Manche ungünstige Verhältnisse waren die Veranlassung, daß der zweite Theil der Uebersetzung dieses Werkes über „Dampfmaschinenbau" erst jetzt erscheint. Zuvörderst erlaubt sich der Uebersetzer Folgendes über das ganze Werk, von dem das Vorliegende nur einen Theil bildet, zu sagen:

Der erste Theil enthält die Geschichte, Theorie, Beschreibung und Anwendung der Dampfmaschinen und ist eine Bearbeitung des Herrn Ingenieur Bataille, von folgendem englischen Werke: **Treatise on the Steam-Engine, by the Artizan-Club.** Der Herausgeber ist der Ingenieur Bourne, und es hat das Werk, welches in den Jahren 1844 — 1846 in 24 monatlichen Lieferungen erschien, kürzlich die 3. Auflage erlebt.

Der zweite Theil des Werkes ist eine Originalarbeit über die Construction der Dampfmaschinen von Herrn Jullien, ehemaligem Ingenieur der Maschinenfabrik zu Creuzot. Von diesem Theile liefere ich eine Uebersetzung, welche zugleich 3 Theile des Demmeschen Maschinenbauers bildet, und von dem ersten Theile werde ich nach Vollendung des Vorliegenden, eine Uebersetzung bringen.

Ungeachtet der vielen Werke, die über Dampfmaschinen existiren, gab es doch bis jetzt keins, welches eigentlich die Bedürfnisse des Praktikers zu befriedigen im Stande war. Das französische Werk, das Original zu vorliegender und der noch folgenden Arbeit:

Traité des Machines à Vapeur,

welches von 1847 Lieferungsweise erschien und kürzlich vollendet worden ist, hilft diesem Mangel der Literatur vollkommen ab und bildet ein eben so vollständiges als klassisches Werk.

Indem wir auf die im ersten Theil mitgetheilte Vorrede des Herrn Jullien verweisen, theilen wir noch mit, was ein tüchtiger praktischer Maschinist, Herr K. Bornemann in Freiberg, in einer längeren, lobenden Anzeige des ganzen Werks darüber im 2. Bde. des „Ingenieurs" sagt, eine Meinung, die ich vollkommen theile: „Wollte man selbst den in Jullien's Werke ausgesprochenen Ansichten und gegebenen Vorschriften nicht durchgängig seinen Beifall geben, so glaube ich doch, dieses Werk Jedem, der sich über die Dampfmaschine in constructiver Hinsicht gründlich unterrichten will, angelegentlich empfehlen zu können. Außerdem verdient es noch dadurch die Aufmerksamkeit des Mechanikers, daß es mit Consequenz das System der Proportionentheile entwickelt und seine großen Vorzüge gebührend hervorhebt. Ehe dieselben freilich praktisch hervortreten können, muß

gewissermaßen eine Reformation des Maschinenbaues durchgeführt werden, bei welcher die vorgeschlagenen Nummern von Maschinentheilen zu Grunde gelegt würden. Aber welche Vereinfachung für den Constructeur, welche Ersparnisse für den Erbauer und Käufer von Maschinen, welche Leichtigkeit der Reparatur, welche leichte Verständlichung zwischen allen Parteien würde die Folge einer consequenten Durchführung dieser Principien sein. Man verlangte eine Dampfmaschine bloß dem System und der Nummer nach und bedürfte keiner weitern Zeichnungen. Es könnten sich Maschinenbauanstalten lediglich für die Herstellung von Zahnrädern, Kolbenstangen, Balanciers u. dergl. begründen, aus denen diese Maschinentheile den bloßen Nummern nach jederzeit in bester Qualität und schleunigst zu beziehen wären; es könnten bei Reparaturen auf die bequemste Weise die Stärke ersetzt werden, ohne daß dazu immer besondere Modelle anzufertigen wären, und noch viele andere nicht hoch genug anzuschlagende Vortheile würden aus einer solchen Einheit der Dimensionen entspringen."

Der dritte Theil meiner Uebersetzung ist im Manuscript vollendet und wird sogleich nachfolgen; er handelt von den Schiffsmaschinen, den Locomotiven, von dem eigentlichen Dampfmaschinenbau und von der Veranschlagung der Dampfmaschinen. Die drei Bände über Dampfmaschinen-Beschreibung werden auch nicht lange auf sich warten lassen.

Ein besonders wichtiger Theil des Werkes ist der Atlas, in welchem die verschiedenen Theile und die verschiedenen Gattungen und Systeme von Dampfmaschinen bildlich und geometrisch erläutert worden sind und die man zum ersten Male in einer systematischen Zusammenstellung sieht. — Zur Versinnlichung der im Buche vorgetragenen Regeln sind auch mehrere Dampfmaschinen verschiedener Systeme in Proportionaltheilen gezeichnet.

Daß ich in meiner Uebersetzung das französische Maß und Gewicht und französische Münzen beibehielt, wird Jeder nur billigen, da die Reduction auf irgend ein deutsches System eine heillose Arbeit gewesen sein würde, wobei ich Fehler gar nicht hätte vermeiden können; und weil es jedenfalls leichter ist, das französische Maß und Gewicht in jedem besondern Fall auf dasjenige von den vielen deutschen zu reduciren, welches man gerade verlangt. Zur Erleichterung dieser Arbeit sind am Ende des Werks Reductions-Tabellen mitgetheilt worden.

Möge das betheiligte Publikum diese mühselige Uebersetzungsarbeit mit Nachsicht und Wohlwollen aufnehmen.

Weimar, im Juni 1849. **Carl Hartmann.**

Inhalt des zweiten Theiles.

Zweite Abtheilung. Erstes Buch. (Fortsetzung.)

Vierzehntes Capitel. Regulatoren. — Schwungrad. Theorie der Schwungräder. Verschiedene Constructionsarten der Schwungräder . . . . Seite 1
Zweites Buch. Zusammensetzung der Dampfmaschinentheile . 6
Erster Artikel. Dampferzeugungs=Apparat 7
Erstes Capitel. Oefen. — Theorie der Verbrennung. 1. Kraft, welche zur Hervorbringung der Verbrennung von 1 Kil. Kohlenstoff erforderlich ist. Discussion. §. 1. Herde. §. 2. Kanäle. §. 3. Essen. Theorie der Essen. Bestimmungen der Dimensionen der Esse. Verhältnisse der Ziegelsteinessen . . —
Zweites Capitel. Generatoren oder Essen. — Theorie der Verdampfung. 1. Grundsätze, welche sich auf die Zusammensetzung der Dampfkessel beziehen. §. 1. Metalle, die vorzugsweise zur Construction der Dampfkessel benutzt werden. Gußeiserne Kessel. Eisenblechene. Von Kupferblech. §. 2. Dampfdruck in den Kesseln. §. 3. Eigenschaften des in einer gegebenen Zeit erzeugten Dampfes ꝛc. 2. Formen der Dampfkessel. §. 1. Kessel mit äußerer Feuerung. §. 2. Mit innerer Feuerung. Mit einfachen Kanälen. Röhrenkessel. Kessel mit verschiedenen Kanälen. §. 3. Mit gemischter Feuerung. 3. Dimensionen der Kessel. Blechstärke der Kessel 40
Zweiter Artikel. Vertheilung des Dampfes. — §. 1. Dampfrohr. §. 2. Distributoren. 1. Wege. 2. Ventile. §. 3. Dampfleitungen, die mit den Cylindern verbunden sind. 1. Leitungen der Einströmungsöffnungen an den Enden des Cylinders. Leitungen der Ausströmungsöffnungen nach außerhalb. §. 4. Bewegungen der Distributoren. 1. Schieber. 2. Ventile. §. 5. Moderatoren der Dampfvertheilung 66
Dritter Artikel. Bewegende Kraft. — 1. Allgemeine Theorie der Leistung des Dampfes. 2. Praktischer Nutzeffect der Dampfmaschinen. 3. Verschiedene Gattungen der Dampfmaschinen. §. 1. Maschinen ohne Expansion und ohne Condensation. §. 2. Maschinen ohne Expansion und mit Condensation. §. 3. Maschinen mit Expansion oder Condensation. §. 4. Maschinen mit Expansion und Condensation. §. 5. Maschinen mit zwei Cylindern. 1. Erklärung der Wirkungsart des Dampfes. 2. Erklärung des Effects. 3. Berechnung der Leistung oder der Arbeit. Wiederholung 75
Vierter Artikel. Uebertragung der Bewegung. — Gewicht der Schwungradkränze. §. 1. Schwungrad für eine Maschine ohne Expansion. §. 2. Schwungrad für eine Expansionsmaschine 100
Fünfter Artikel. Condensation. — Dimensionen der Condensatoren und Luftpumpen. Formen und Einrichtungen der Condensationsapparate 117
Sechster Artikel. Speisungen. — Kaltwasserpumpe. Speisepumpe 122

Siebenter Artikel. Maschinen-Gerüst. — §. 1. Für feststehende Maschinen. §. 2. Für Schiffs-Dampfmaschinen. §. 3. Für Locomotiven. Tabelle über die zweckmäßigsten Dimensionen, die den verschiedenen Theilen und Stücken einer Dampfmaschine für verschiedene Kräfte ertheilt werden können. 1. Verdampfung. 2. Vertheilung. 3. Bewegende Kraft. 4. Bewegungsübertragung. 5. Condensation. 6. Speisung Seite 126
Drittes Buch. Eigentliche Zusammensetzung der Dampfmaschinen. — Allgemeine Zusammensetzung. Spezielle Zusammensetzung. Secundäre Zusammensetzung 142
Erster Artikel. Einfach wirkende hydraulische oder Wasserhebung-s-Dampfmaschinen. — §. 1. Wasserhebungs-Dampfmaschinen mit geradem Balancier. §. 2. Mit Winkelbalancier oder Kreuz. §. 3. Ohne Balancier 144
Zweiter Artikel. Werkzeugs-Dampfmaschinen 152
Dritter Artikel. Doppeltwirkende Gebläsemaschinen. — I. Ohne Rotation. 1. Trieb- und Gebläse-Cylinder senkrecht. 2. Triebcylinder senkrecht und Gebläse-Cylinder horizontal. 3. Triebcylinder horizontal und Gebläse-Cylinder senkrecht. 4. Trieb- und Gebläse-Cylinder horizontal. Beispiele von einem Gebläse ohne Rotation. II. Mit Rotation 153
Vierter Artikel. Feststehende, doppeltwirkende Rotations-Dampfmaschinen 160
Erstes Capitel. Balancier-Maschinen. — I. Maschinen, welche gänzlich als Fundament oder Sohlplatte stehen. II. Maschinen mit in den Wänden des Maschinenhauses angebrachtem Gebälk. III. Maschinen, deren Balancier auf Mauerwerk ruht 164
Zweites Capitel. Maschinen mit zwei Kurbelstangen. — Verschiedene Arten der Construction der Maschinen mit zwei Kurbelstangen 168
Drittes Capitel. Maschinen mit Kurbelstangen im Rahmen 171
Viertes Capitel. Horizontale Maschinen 172
Fünftes Capitel. Geneigte Dampfmaschinen 188
Sechstes Capitel. Maschinen mit drehbarer Kolbenstange . 189
Siebentes Capitel. Maschinen mit rückwärtsgehender Kurbelstange 190
Achtes Capitel. Senkrechte, versenkte Maschinen. — I. Maschinen mit gewöhnlicher Einrichtung. II. Maschinen mit Säule 193
Neuntes Capitel. Senkrechte Maschinen 195
Zehntes Capitel. Maschinen mit schwingendem Cylinder um eine Achse in der Mitte seiner Länge. — 1. Maschine von Cavé. 2. Von Tamizier. 3. Von Kienzy. 4. Von Stolz, Sohn 197
Elftes Capitel, Maschine mit schwingendem Cylinder um eine Achse an seinem Ende. — 1. Maschinen von Fèvre. 2. Von Leloup. 3. Von Frey. Von Farcot 201
Zwölftes Capitel. Maschinen mit sich drehendem Cylinder. — 1. In einer Curve. 2. Um eine Achse, die excentrisch mit der Triebwelle ist. 3. Maschinen mit Cylinder, der auf einer beweglichen Platte befestigt ist 205

Zweite Abtheilung.

Erstes Buch.

(Fortsetzung.)

Vierzehntes Capitel.

Regulatoren.

Die Regulatoren sind Apparate, welche den Zweck haben, zu jedem Augenblick die entgegengesetzten Wirkungen der Kraft und des Widerstandes auszugleichen. Sie unterscheiden sich von den Vertheilungs-Moderatoren dadurch, daß diese letztern den Zweck haben, wenn der mittlere Widerstand bestimmt ist, die Kraft ins Verhältniß mit den Veränderungen zu bringen, welcher sich bei diesem Widerstande zeigt, und umgekehrt, während die Regulatoren den Zweck haben, wenn die einmal bestimmten veränderlichen Größen der Kraft und des Widerstandes, welche in jedem Augenblick aufeinander folgen müssen, die Verschiedenheiten zwischen diesen variablen Mengen der Kraft und des Widerstandes eines Theils, sowie der Kraft und des mittlern Widerstandes anderntheils nach und nach zu absorbiren und zu retituiren.

Wenn z. B. ein Motor den Zweck hat, gleichzeitig 20 Webestühle zu bewegen, so wird der Moderator angewendet, wenn einer von diesen Webestühlen außer Betrieb gesetzt wird; es wird dagegen der Regulator angewendet, wenn die Größen der Kraft und des Widerstandes, welche sich in jedem Augenblick entwickeln, nicht constant sind.

Da die Resultate der Moderatoren und der Regulatoren dem Anschein nach identisch sind, indem sie beide in der Erhaltung der Geschwindigkeit zwischen zwei bestimmten Grenzen bestehen, so verwechselt man häufig die Namen beider Apparate. Jedoch hoffen wir, daß die vergleichende Erklärung, welche wir hier mitgetheilt haben, hinreichen wird, um unsern Lesern das Gesagte hinlänglich deutlich zu machen.

Nach der Beschaffenheit des zu regulirenden Motoren sind die Einrichtungen und Eigenschaften der Regulatoren verschieden. Für die Dampfmaschinen mit Kurbeln sind die einzigen Regulatoren die Schwungräder.

Ein Schwungrad besteht in einer schweren Masse, die gleichförmig an der Peripherie eines Rades vertheilt ist, welches sich auf der Hauptwelle der Maschine, oder auf irgend einer andern Welle befindet, welche mit jener in Verbindung steht. Es wirkt durch seine Trägheit, indem es nach und nach die Verschiedenheiten zwischen der in jedem Augenblick verbrauchten und absorbirten Kraft aufnimmt und wieder ausgiebt.

Theorie des Schwungrades.

Es sei o (Fig. 10., Taf. X.) *) der Mittelpunkt der Kurbel; oa ihr Halbmesser, und ab folglich der Kolbenlauf. Man weiß, daß, wenn p die durch die Kurbelstange übertragene Kraft, und q den Widerstand darstellt, welcher durch die Kurbel, tangentiell auf die von ihrer Warze beschriebene Peripherie darstellt, wenn für irgend vorhandene Punkte m und m′ u. s. w. erhält.

1) Für den Punkt m:
   Moment der Kraft $p \times mc$;
   Moment des Widerstandes $q \times om$.
2) Für den Punkt m′:
   Moment der Kraft $p \times m'd$;
   Moment des Widerstandes $q \times om'$.

Dies bedeutet, daß der Moment der Kraft von dem Punkt a, wo es gleich o ist, bis zu dem Punkt b, wo es auch wieder o wird, verschieden ist, während der Moment des Widerstandes constant und gleich $q \times r$ ist, indem man durch r den Halbmesser o m der Kurbel bezeichnet.

Man weiß außerdem, daß, da p die mittlere Wirkung der Kraft, und q die mittlere Wirkung des Widerstandes ausdrückt, diese beiden Größen durch das Verhältniß unter einander verbunden sind:

$$p\,(ab + ba) = q \times 2\pi \times oa,$$

das heißt:
$$p \times 4r = q \times 2\pi r$$

daher:
$$q = \frac{2p}{3{,}1416}.$$

*) Beim 1. Theile, der die 24. Lieferung des Maschinenbauers bildet.

Nehmen wir an, daß die Kraft und der Widerstand veränderlich oder constant sei, so ist es von geringer Wichtigkeit, daß der Moment der Kraft zwischen o und $p \times r$ schwankt, der der Mitte des Laufs entspricht, und wir folgern daraus, daß es zwei Stellungen der Kurbelwarze giebt, für welche der Moment der Kraft gleich dem des Widerstandes ist. Es seien diese beiden Stellungen m und m′, so hat man:

$$1)\ p \times mc = q \times om$$

$$2)\ p' \times m'd = q' \times om$$

Wenn die Kraft und der Widerstand constant sind, $p = p'$, $q = q'$, und $p \times mc = p' \times m'd$, d. h. $mc = m'd$, Verhältniß, welches uns in diesem Augenblick nicht interessirt. Es sei:

v, Rotations-Geschwindigkeit von dem Kranz des Schwungrades, wenn die Kurbelwarze in m steht.

v′ Rotations-Geschwindigkeit von dem Kranz des Schwungrades, wenn die Kurbelwarze in m′ steht.

P, das Gewicht von dem Schwungrad-Kranze.

R, Halbmesser des Schwungrades an der Peripherie, der geometrischen Stelle der Schwerpunkte von dem Kranze.

g, Intensität der Schwere = 9,81 Meter.

Wenn die Kurbelwarze sich in m befindet, so beträgt die lebendige Kraft des Schwungrades:

$$\frac{P}{g} v^2$$

Ferner, wenn die Kurbelwarze in m′ befindlich, so ist die lebendige Kraft des Schwungrades:

$$\frac{P}{g} v'^2$$

Folglich ist die von ihm zwischen den Punkten m und m′ gewonnene lebendige Kraft:

$$\frac{P}{g} (v'^2 - v^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Es sei u die mittlere Geschwindigkeit, d. h. $\frac{2 \pi R m}{60}$, wobei m die Anzahl der Umgänge in der Minute bezeichnen, und nehmen wir an:

$$v = u - \frac{u}{n}$$

$$v' = u + \frac{u}{n}$$

n ist eine positive Größe, und größer als 1.

Ersetzen wir nun v und v′ durch den Ausdruck ([1]), so erhalten wir:

$$\frac{P}{g}\left(u^2 + \frac{2\,u^2}{n} + \frac{u^2}{n^2} - u^2 + \frac{2\,u^2}{n} - \frac{u^2}{n^2}\right)$$

und durch Reduction:

$$\frac{P}{g} + \frac{4\,u^2}{n}.$$

Ersetzen wir u^2 durch seinen Werth $\frac{4\,\pi^2\,R^2\,m^2}{3600}$, so erhalten wir endlich: $\frac{P}{g} \times \frac{4\,\pi^2\,R^2\,m^2}{n \times 900}$

Wenn Tm die durch das Schwungrad während des Laufs m m′ von der Kurbelwarze absorbirte Arbeit bezeichnet, so hat man, wenn man bemerkt, daß die Arbeit die Hälfte von der entsprechenden lebendigen Kraft ist:

$$Tm = \frac{2\,P\,\pi^2\,R^2\,m^2}{900\,g\,n}$$

Substituirt man für π und g ihre Werthe und führt man die Berechnungen aus, so erhält man:

$$Tm = 0{,}00222\,\frac{P\,R^2\,m^2}{n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Kennt man vier von diesen Größen Tm, P, R, m, n, so erhält man die fünfte mittelst dieser Gleichung.

Bei den Dampfmaschinen, wobei R, m und n gewöhnlich gegeben sind, wird Tm, wie wir es später sehen werden, in der Zusammensetzung der Theile nach der Art und Weise von der Kraft der Maschine bestimmt; P ist unbekannt, und man hat, wenn man für $\frac{1}{0{,}00222}$ substituirt, seinen Werth 450:

$$P = \frac{450\,n}{R^2\,m^2}\,Tm \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Verschiedene Constructionsarten der Schwungräder.

Man unterscheidet der Construction nach verschiedene Arten von Schwungrädern, nämlich:

Die aus einem Stück bestehenden Schwungräder.

Die aus einigen Stücken bestehenden Schwungräder.

Die erstern werden für Dampfmaschinen angewendet, welche 12 Pferdekräfte nicht übersteigen, eine Kraft, bei welcher sie 3 Meter ($9\frac{1}{2}$ Fuß) im Durchmesser haben.

Für Kräfte über 12 Pferde wendet man mit Vortheil Schwungräder an, welche aus 2 bis 3 Stücken bestehen. Diese letztern werden eben so geformt, als wenn sie aus einem Stück bestehen, und im Augenblick des Schlusses von der Form trennt man die Verbindungskerne mittelst Blechplatten, die zu diesem Zwecke angebracht werden.

Diese Schwungräder haben nur geringe Zusammensetzungskosten, und gewähren den großen Vortheil, sich leicht transportiren zu lassen.

Die Verbindung der Stücke von dem Kranze geschieht mittelst einer Füllung von Eisen mit zwei Zapfenlöchern. Die Verbindung der Theile von der Nabe geschieht durch zwei Ringe oder Bänder zu beiden Seiten der Arme.

Die aus vielen Stücken zusammengesetzten Schwungräder, deren Theile einzeln gegossen werden, werden hauptsächlich bei großen Maschinen angewendet. Es verursachen diese Schwungräder nicht allein bedeutende Verbindungskosten, sondern sie sind auch darin gefährlich, daß sich die Theile leicht trennen, und sie daher nicht dieselbe Sicherheit darbieten, als die vorhergehenden.

Es besteht bei diesen Schwungrädern der Kranz aus mehreren Stücken; jeder Arm ist entweder für sich, oder mit der Nabe zusammengegossen.

Die Verbindung dieser verschiedenen Stücke unter einander muß so sein, daß:

1) der Kranz sich nicht von dem Arm ablösen und Unglücksfälle verursachen kann;
2) die Verbindung muß so wohlfeil als möglich sein.

Die Figg. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (Taf. XVII.) stellen ein Schwungrad, dessen Kranz aus mehreren Stücken besteht, und die Arme mit der Nabe zusammengegossen. Die Verbindung der Theile des Kranzes besteht, wie die der aus 2 oder 3 Stücken zusammengesetzten Schwungräder, aus einer schmiedeeisernen Ausfüllung mit zwei Zapfenlöchern und mit Schließkeilen.

Die Verbindung der Arme mit dem Kranze geschieht durch einen Schwalbenschwanz, welcher genau abgerichtet, und dessen Verbindung durch Schraubenbolzen bewirkt wird.

Die Fig. 3 stellt eine vordere Ansicht von den Lappen dar,

welche an den Armen befindlich sind und Fig. 4 eine vordere Ansicht von den Lappen an dem Kranz.

Die Fig. 8, 9, 10, 11, 12 stellen mit ihren einzelnen Theilen ein Schwungrad dar, welches von dem vorhergehenden darin verschieden ist, daß der Kranz nur aus zwei Theilen besteht, und auch darin, daß die Nabe und die Arme aus einem Stück gegossen sind, und ebenfalls aus zwei Theilen bestehen. Die Verbindung der beiden Theile des Kranzes erfolgt mittelst kleiner Platten, die entgegengesetzten Schwalbenschwänze haben, und mittelst zweier Bolzen. Die Verbindung der beiden Theile von der Nabe erfolgt mittelst Keilen, die in das Innere zweier, zu beiden Seiten der Arme befindlicher Bänder eingetrieben werden. Die der Arme mit dem Kranz endlich erfolgt durch Schwalbenschwänze, mit Verlängerung der Arme in dem Kranze, um ein Schiefstehen zu vermeiden.

Die Fig. 13, 14, 15, 16, 17 stellen mit ihren Details ein aus vielen Stücken zusammengesetztes Schwungrad dar, dessen Nabe, Arme und Kranz sämmtlich für sich gegossen worden sind. Die Figuren geben die verschiedenen Arten der Verbindung so deutlich an, daß wir sie nicht weiter zu erläutern brauchen. Diese Art von Schwungrädern sind die kostbarsten, jedoch sind sie unglücklicher Weise häufig gar nicht zu vermeiden, wenn die Dampfmaschinen eine bedeutendere Größe haben.

Die Fig. 18, 19, 20, 21, 22 stellen mit den gehörigen Details ein Schwungrad dar, welches dem vorhergehenden analog und nur darin verschieden ist, daß die Verbindungen mit Aufeinanderplattungen und mit Schraubenbolzen bewirkt worden ist. Dieses System kann offenbar nicht bei sehr starken Maschinen angewendet werden, sondern es ist nur für die Fälle zweckmäßig, wenn Maschinen unter 50 Pferdekräften sehr weit transportirt werden müssen, und daher das Gewicht der Stücke möglichst zu vermindern ist.

Zweites Buch.

Zusammensetzung der Dampfmaschinen-Theile.

Wenn man die verschiedenen Functionen, welche die Dampfmaschinen zu erfüllen haben, einzeln betrachtet, so findet man, daß sie in sieben verschiedene Haupttheile zerfallen, nämlich: Die Dampferzeugung, die Vertheilung des Dampfes, die

Triebkraft, die Uebertragung der Bewegung, die Condensation, die Speisung, das Gerüst der Maschine.

Auf einen jeden von diesen Theilen die Grundsätze der Physik und Mechanik, von denen diese Functionen abhängen, anzuwenden; von diesen Grundsätzen die Einrichtungen, Verhältnisse u. Dimensionen abzuleiten, die für die zu übertragende Triebkraft die zweckmäßigsten sind, dieß ist der Zweck der Zusammensetzung der Dampfmaschinentheile.

Erster Artikel.

Der Dampferzeugungs-Apparat.

Der Dampferzeugungs-Apparat ist derjenige Theil der Dampfmaschine, welcher den Zweck hat, das Wasser in Dampf zu verwandeln. Er zerfällt zu dem Ende in zwei Haupttheile, nämlich in:

Den Ofen, in welchem die Ursache der Verdampfung, und in den Generator oder Kessel, in welchem die Wirkung derselben hervorgebracht wird.

Erstes Capitel.

Oefen.

Da die Wärme die Hauptursach der Verdampfung ist, so sind die Oefen Apparate zur Erzeugung von Wärme durch Verbrennung. Zu dem Ende bestehen sie:

1) Aus einem Herde, in welchem die Verbrennung erfolgt.
2) Aus den Kanälen, in welchen zum Theil durch Strahlung und zum Theil durch Berührung die Uebertragung der im Herde entwickelten Wärme zum Generator stattfindet.
3) Aus einer Esse, durch welche die Entweichung der aus der Verbrennung erfolgenden Gase stattfindet.

Ehe wir aber zu einer speziellen Untersuchung dieser verschiedenen Apparate übergehen, wollen wir erst in einige Details über die Theorie der Verbrennung eingehen.

Theorie der Verbrennung.

Aus dem chemischen Gesichtspunkt betrachtet, ist die Verbrennung das Resultat der Reaction des Sauerstoffs auf gewisse einfache Körper. Sie besteht in einer mehr oder weniger bedeutenden Erhöhung der Temperatur und an den Punkten, an denen

die Reaction stattfindet, aus einer mehr oder weniger intensiven Lichterzeugung.

Benutzt man die Verbrennung zur Feuerung, so sind die Körper, welche am zweckmäßigsten angewendet werden können, diejenigen, welche der Sauerstoff am leichtesten angreift.

Es giebt unter den letztern solche, die bei gleichen Quantitäten der entwickelten Wärme, bei gleichem Gewicht, theurer sind, als die andern. Die Preisunterschiede sind selbst so bedeutend, daß in den Gewerben nur einer, der Kohlenstoff verwendet wird. Es ist dies der Hauptbestandtheil der organischen Substanzen, der durch seine Oxydation Kohlensäure giebt, die bis weit unter dem Nullpunkte der Temperatur gasförmig bleibt.

100 Theile Kohlensäure enthalten:

Kohlenstoff	27,39
Sauerstoff	72,64
	100,00

Die Sauerstoffmenge, welche zur Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlenstoff erforderlich ist, wird durch das folgende Verhältniß bestimmt:

$$27{,}36 : 72{,}64 = 1 : x = 2{,}655 \text{ Kilogr.}$$

Der Sauerstoff wird aus der Luft gezogen, von welchen er 21 Hunderttheile bildet, indem 79 Hunderttheile aus Stickstoff bestehen, ein einfaches Gas, welches nur bei seiner Entwickelung eine Verbindung eingehen kann. Das Product der Verbrennung, wo man annimmt, daß der ganze Sauerstoff absorbirt worden, ist ein Gemenge von Kohlensäure und Stickstoff.

Ein Kubikmeter Luft wiegt bei 0° unter dem Druck von 0,76 Met. Quecksilber, 1,3 Kilogr.

Ein Kubikmeter Sauerstoff wiegt, unter gleichen Verhältnissen der Temperatur und des Drucks, $1{,}1057 \times 1{,}3 = 1{,}437$ Kilogr.

Da das zur Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlenstoff erforderliche Gewicht von Sauerstoff 2,655 Kilogr. beträgt, so erhält man das Volum dieses Sauerstoffs bei 0 Grad unter dem Druck von 0,76 Meter Quecksilber durch die folgende Proportion:

$$1{,}437 \text{ K.} : 1 \text{ K. M.} = 2{,}655\ x = \frac{2{,}655}{1{,}437} = 1{,}85 \text{ K. M.}$$

Die Anzahl der Kubikmeter Luft, von denen eins 1,3 Kilogr. wiegt und die zur Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlenstoff erforderlich ist, erhält man durch die folgende Proportion:

0,21 Sauerstoff : 1 Luft = 1,85 Sauerstoff : x Luft

daher $x = \frac{1,85}{0,21} = 8,810$ C. M.

Ein Kubikmeter Kohlensäure wiegt 1,5245 × 1,3 K. = 1,982 bei 0 Grad unter dem Druck von 0,76 M. Quecksilber. Es enthält 72,64 Proc. Sauerstoff, daher 1,982 × 0,7264 = 1,437 Kil. im Gewicht, welches dem von 1 Cub. M. dieses Gases genau gleich ist.

Es folgert daraus, daß in chemischer Beziehung durch die Verbrennung des Kohlenstoffes keine Volumvermehrung stattgefunden habe.

Da man nach den Untersuchungen von Despretz eine Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge ist, welche 1 Kil. Wasser um 1 Grad C. erwärmen kann, so entwickelt 1 Kil. reiner Kohlenstoff bei der Verbrennung 7800 Wärmeeinheiten.

Es ist jedoch diese Anzahl nach der Zusammensetzung der Brennmaterialien, welche die Verbrennung bewirken, sehr verschieden, wie es die folgende Tabelle beweis't, welche jedoch nur diejenigen Brennmaterialien enthält, die in den Gewerben benutzt werden.

	Erwärmungskraft von 1 Kilogr.
Steinkohlen . . .	7500 Wärmeeinheiten.
Holzkohlen	7000 desgl.
Coaks	6000 desgl.
Torfkohle	5800 desgl.
Torf	4800 desgl.
Trocknes Holz . . .	3600 desgl.

Von diesen 6 Substanzen verbrennen 3 vollständig, nämlich Holzkohle, Coaks und Torfkohle, die drei übrigen entwickeln Rauch, der aus einem Gemenge von sehr fein zertheilter Kohle mit verschiedenen wasserstoffhaltigen Producten entsteht, die von ätherischen Oelen herrühren, welche in dem Brennmaterial enthalten sind; man kann sie zwar auch verbrennen, jedoch sind dazu besondere Umstände erforderlich, die nicht immer vorhanden sind.

Der Preis von 1000 Wärmeeinheiten, hervorgebracht durch diese verschiedenen Brennmaterialien, beträgt zu Paris

Steinkohlen	0,0072 Fr.
Coaks	0,0097 =
Holz	0,0170 =
Holzkohlen	0,0260 =

Die zu den Herden strömende Luft ist, wenn man sie auf das Kilogr. des verbrannten Kohlenstoffs zurückführt, nie dieselbe, als die theoretisch dazu erforderliche; sie ist viel bedeutender, welches seinen Grund darin hat, daß, da der Sauerstoff sehr in der Luft zerstreut ist, er nicht gänzlich absorbirt werden kann, indem die Luft durch das Brennmaterial strömt.

Nach einigen Versuchen, die über diesen Gegenstand angestellt worden sind, beträgt die zur Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlenstoff erforderliche Luft nie mehr als 25 Kubikmeter, und im Durchschnitt 18 Kubikm., welche 23 Kil. wiegen. Jedoch giebt es gar nichts Bestimmtes hierüber, da die Form und die Dimensionen des Herdes einen großen Einfluß darauf haben.

Am besten würden sich Versuche über diesen Gegenstand in Locomotivkesseln anstellen lassen, indem deren Dimensionen und Formen fast constant sind; jedoch ist es wahrscheinlich, daß man bei verschiedenen Geschwindigkeiten der Luft verschiedene Resultate erlangt, nicht allein in Beziehung auf die Menge der verwendeten Luft, sondern auch in Beziehung auf die Temperatur derselben bei ihrem Ausströmen aus dem Herde. Es sind dies zwei Verhältnisse, die bei der Bestimmung des höchsten Nutzeffects, den man von der Verbrennung von 1 Kil. Kohlenstoff erlangen kann, wohl berücksichtigt werden müssen.

Es ist eine bekannte Sache, daß die Verbrennung dadurch befördert wird, wenn man die mit der Luft in Verbindung stehenden Oberflächen oft erneuert, d. h. die Geschwindigkeit der durch das Brennmaterial strömenden Luft beschleunigt; es ist dies eine natürliche Folge der chemischen Erscheinungen bei der Verbrennung. Eine nicht minder wichtige und ebenfalls allgemein bekannte Thatsache ist die, daß die Lebhaftigkeit der Verbrennung, welche nothwendig eine Wärmevermehrung in einer gegebenen Zeit veranlaßt, auch eine Temperaturerhöhung bewirkt. Diese letztere kann aber nur einer von den folgenden Ursachen zugeschrieben werden:

1) Entweder bleibt die Luftmenge, welche zur Verbrennung von 1 Kil. Kohlenstoff erforderlich ist, constant, es sei ihre Geschwindigkeit, welche sie wolle, so steht die Wärmemenge, welche aus dem Herde strömt, im umgekehrten Verhältniß von dieser Geschwindigkeit.

2) Oder wenn die von der Luft absorbirte Wärmemenge, bei übrigens gleicher Geschwindigkeit, constant bleibt, so steht die von 1 Kil. Kohlenstoff verbrauchte Luft im umgekehrten Verhältniß zu dieser Geschwindigkeit.

3) Oder aber, es sei die zur Verbrennung von 1 Kil. Kohlenstoff erforderliche Luft, oder die durch diese Luft absorbirte Wärmemenge, welche sie wolle, so steigt die Geschwindigkeit der Uebertragung des producirten Wärmestoffs, in Beziehung auf die umgebenden Oberflächen in einem geringeren Verhältniß als dieser Wärmestoff.

Es ist wahrscheinlich, daß alle drei Wirkungen auf einmal stattfinden, d. h. daß die von der Luft weggeführte Wärme um so geringer ist, je bedeutender die Geschwindigkeit, weil sie weniger Zeit hat sich zu erwärmen; es ist ferner wahrscheinlich, daß die zur Verbrennung von 1 Kil. erforderliche Luftmenge ebenfalls geringer ist, da, wenn die Temperatur höher, die Verwandtschaft zweier einfacher Körper zu einander auch größer ist; endlich, da die Leitungsfähigkeit der Metalle nach dem Newton'schen Gesetz proportional den Naturdifferenzen der umgebenden Mittel ist, die durch die Oberfläche des erwärmten Gefäßes in einer gegebenen Zeit zu der darin eingeschlossenen Flüssigkeit gelangenden Wärmemenge nur dann zunimmt, wenn die Temperatur des Herdes zuvor gestiegen ist.

Es folgt daraus, daß die Verbrennung so lebhaft als möglich sein muß, um durch die Strahlung des verbrennenden Conbustibils den höchsten Wärmegrad zu erlangen. Man muß daher so viel als möglich von der strahlenden Wärme zu absorbiren suchen, denn die aus dem Herde strömende wird in den Feuerungscanälen den Verdampfungsgefäßen nur sehr unvollkommen mitgetheilt.

Von der Steigerung der Geschwindigkeit der Luft folgt aber eine Vermehrung der Kraft, welche diese Geschwindigkeit hervorbringt. Es muß demnach eine Grenze bestimmt werden, welches nur durch die Erfahrung bewirkt werden kann, wie wir weiter unten bei den Essen sehen werden.

Aus dem physikalischen Gesichtspunkte betrachtet, ist die Verbrennung eine fortwährende Wärmeproduction, welche von der Berührung eines glühenden Körpers mit einem Strome reiner Luft herrührt.

Dieser Luftstrom kann auf zweierlei verschiedene Weise hervorgebracht werden:

1) Durch ein mechanisches Verfahren, welches entweder in einem Blasen der Luft auf das Brennmaterial, oder in einem Ansaugen der Luft besteht, indem man sie nöthigt, durch die in der Verbrennung befindlichen Substanzen zu strömen.

2) Durch einen physikalischen Proceß, Zug genannt, welcher

auf die Ausdehnbarkeit der erwärmten Gase begründet ist, und durch Saugung wirkt, wie bei dem zweiten mechanischen Verfahren.

Diese beiden Mittel zur Speisung der Verbrennung sind zu allen Zeiten angewendet worden, im Allgemeinen aber um sehr verschiedenartigen Bedingungen zu genügen. Das Blasen dient hauptsächlich zur Verstärkung der Verbrennung, und das Saugen zu ihrer Unterhaltung.

Heutigen Tages, wo man mechanische Kräfte leicht erlangen kann, besonders da, wo eine Wärmeproduction stattfindet, glauben wir die Aufgabe von der Speisung der Verbrennung durch die Beantwortung der beiden folgenden Fragen lösen zu können:

1) Welches ist die Kraft, die zur Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlenstoff in einer gegebenen Zeit erforderlich ist?

2) Ist es wohlfeil, diese Kraft durch Erneuerung der Luft mittelst Blasen hervorzubringen, oder durch Erneuerung mittelst Saugen?

1. Kraft, welche zur Hervorbringung der Verbrennung von 1 Kil. Kohlenstoff in einer gegebenen Zeit erforderlich ist.

Wir haben gesagt, daß die zur Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlenstoff erforderliche Luft von 18 — 25 Kubikmeter variire; wir haben auch ferner gesagt, daß man nicht wisse, ob diese Menge in Beziehung auf die Geschwindigkeit, mit der die Verbrennung bewirkt wird, constant bleibe.

Es sei **ABCD** Fig. 1. Taf. **XXVI**. ein unbestimmter Cylinder, in welchen sich ein Kolben **P** am Ende einer Stange bewegt. **F** sei ein mit glühendem Brennmaterial **K** angefüllter Herd, welcher das eine Ende des Cylinders bildet. Der Raum zwischen dem Kolben **P** und dem Herde **F** ist mit unverbrannter Luft angefüllt.

Da der Cylinder als unendlich lang gedacht wird, so können wir annehmen, daß sich der Kolben ins Unendliche bewege, indem er sich entweder von dem Herde entfernt, oder indem er von einer unendlichen Entfernung sich dem Herde nähert.

Im ersteren Falle verdünnt sich die Luft zwischen Herd und Kolben in Folge der Differenz des stattfindenden Druckes; die äußere Luft strömt durch das Brennmaterial und gelangt in den Raum, der zwischen dem Brennmaterial und dem Kolben befind-

lich ist, und zwar ist das Volum gleich der Bewegung des Kolbens; man erlangt alsdann Zug durch Saugen.

Im zweiten Falle wird die Luft zwischen dem Kolben und dem Herde zusammengedrückt; auch in Folge der Verschiedenheit des stattfindenden Druckes, und es entweicht diese Luft durch das Brennmaterial aus dem Cylinder; der Zug wird alsdann durch Blasen bewirkt.

Nennen wir **P** das Gewicht der Luft, welches zur Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlenstoff erforderlich ist;

T die zu dieser Verbrennung erforderliche Zeit in Secunden;

b den äußeren Barometerdruck;

h der Ueberschuß des Druckes, der dazu erforderlich ist, daß die Luft das Brennmaterial mit einer Geschwindigkeit v durchströmt; ebenfalls mit einer Quecksilbersäule bezeichnet;

t die Temperatur zwischen dem Kolben **P** und dem Herde **F** (Fig. 22.).

Es sei nun die Richtung der Bewegung des Kolbens welche sie wolle, so ist der äußere Druck auf dem Kolben und dem Herde constant und gleich w.

Wenn der Kolben sich von dem Herde entfernt, so ist der innere Druck b — h, und die Ausströmung findet in Folge der Differenz

$$b - (b - h) = h$$

statt.

Wenn sich der Kolben dem Herde nähert, so ist der innere Druck b + h, und es erfolgt die Ausströmung in Folge der Differenz

$$b + h - b = h$$

Nun hat man noch einen allgemeinen physikalischen Grundsatz, welcher besagt, daß die Volumina der Gase proportional den Gewichten im umgekehrten Verhältniß des Drucks und proportional den Temperaturen seien, V und V′ als diese Volumina angenommen:

$$V = V' \frac{P}{P'} \times \frac{\vartheta'}{\vartheta} \times \frac{(1 + a\ t)}{(1 + a\ t')}$$

wobei a der Ausdehnungscoefficient der Gase und gleich 0,00366 ist.

Macht man in dieser Formel:

V′ = 1,00 Kubikmet.
P = 1,30 Kil.

$$\vartheta = b$$
$$\vartheta = b = h$$
$$t' = 0^0$$

So erhalten wir: $V = \frac{P}{1.3} \times \frac{b}{b \pm h} (1 + a\,t)$. (1)

Das ist der Ausdruck für das Volum der Luft zwischen Kolben und Herd, der zur Verbrennung von 1 Kil. Kohlenstoff erforderlich ist.

Die Kraft, welche der Kolben gebraucht, um diese Luft durch das Brennmaterial strömen zu lassen, ist:

$$S \times v \times T \times h \times 13590$$

S ist die Kolbenoberfläche,
v die Kolbengeschwindigkeit in der Secunde,
T die angewendete Zeit,
13590 die Dichtigkeit des Quecksilbers.

Nun ist S, v, T nicht anders als das Volum, welches von dem Kolben während der Zeit T bewegt worden, welches Volum gleich v ist. Man hat demnach als Ausdruck der angewendeten Kraft, um die Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlenstoff zu bewirken, die Kolbenreibung unberücksichtigt gelassen.

$$T^m = \frac{P}{1{,}3} \times \frac{b}{b \pm h} (1 + a\,t)\, h \times 13590 \quad \ldots \quad (2)$$

Man leitet daraus ab: 1) für den Zug durch Saugen:

$$T'^m = \frac{P}{1{,}3} \times \frac{b}{b - h} (1 + a\,t)\, h \times 13590;$$

2) Zug durch Blasen:

$$T''^m \frac{P}{1{,}3} \times \frac{b}{b + h} (1 + a\,t)\, h \times 13590.$$

Wenn der Zug durch Saugen erfolgt, so ist T die Temperatur der Luft, wenn sie durch den Herd und durch die verschiedenen Kanäle geströmt, welche den zu erwärmenden Körpern einen Theil der Wärme mittheilt.

Wenn der Zug durch Blasen stattfindet, so ist t die Temperatur der äußern Luft.

Will man die Kraft in der Secunde erhalten, um sie in Pferdekräften ausdrücken zu können, so ist es hinreichend, diesen Werth von T^m durch T die angewendete Zeit zu dividiren, welches giebt:

$$\frac{T^m}{T} = \frac{P}{1{,}3} \times \frac{b}{b \pm h} (1 + a\,t) \frac{h}{T}\, 13590$$

P schwankt in gut construirten Herden zwischen 20 und 25 Kil.

B ist im Allgemeinen gleich 0,76 Meter.

t ist bei dem Zuge durch Blasen im Durchschnitt 10 Grad und bei dem Zug durch Saugen schwankt es zwischen 200 und 400 Grad.

h ist eine Größe, welche durch die Erfahrung bestimmt wird; sie hängt von der Reibung der Luft bei dem Durchströmen des Brennmaterials ab; sie ist um so bedeutender, als:

1) das Brennmaterial dichter liegt;

2) die Geschwindigkeit der Luft bedeutender und

3) die Dicke des Brennmaterials größer ist.

Nun findet gewöhnlich das Folgende statt:

In den gewöhnlichen Herden, in denen man Steinkohlen verbrennt, giebt man dem Rost ungefähr eine Oberfläche von 0,15 Quadrm. für jede 10 Kil. Steinkohlen, welche in der Stunde verbrannt werden.

In den Locomotiven, in denen man Coaks verbrennt, giebt man dem Rost eine Oberfläche von 0,02 Quadrm. für jede in der Stunde verbrannten 10 Kil.

Die Dicke der Steinkohlenschicht auf dem Rost beträgt 0,08 Met., die der Coaks ungefähr 0,60 Met. Berechnen wir nun die Producte der Rostoberflächen durch die Dicke der Brennmaterialienschichten, so erhalten wir die Volumina der in der Stunde verbrannten Brennmaterialmenge und man erhält:

0,15 Quadrm. $\times$ 0,08 M. $=$ 0,012 Cubm.
0,02 " $\times$ 0,60 " $=$ 0,012 "

Diese Volumina sind gleich. Es beweis't dieses Resultat, daß, wenn die Dichtigkeit der Coaks halb so groß als die der Steinkohlen ist, man bei gleichen Gewichtsmengen, die in gleichen Zeiten verbrannt worden sind, zweimal mit Coaks und einmal mit Steinkohlen feuert.

Andererseits hängt die Reibung der Luft an dem Brennmaterial, die es durchströmt, nicht allein von dem ursprünglichen Durchschnitt des Stroms durch das Brennmaterial, sondern von der unbestimmten Anzahl von Ausströmungsdurchschnitten ab, welche von dem Eintritte der Luft in das Brennmaterial bis zu ihrem Austritt stattfinden. Aus diesem Grunde betrachten wir den Widerstand, welchen dieser Masse der Bewegung der durchströmenden Luft entgegensetzt, nicht wie im umgekehrten Verhältniß des Durchschnittes für eine gleiche in gleicher Zeit verbrannte

Menge, sondern wie im umgekehrten Verhältniß ihres Volums, d. h. das Product dieses Durchschnittes durch die Dicke der Masse.

Nun ist aber dieses Product dasselbe bei gewöhnlichen Herden und bei Locomotiven, bei denen die Arten der Feuerung ganz verschieden sind.

Wir folgern daraus, daß der Werth von h für alle Feuerungsapparate, seien sie auch welche sie wollen, als constant angesehen werden muß, denn er ist es da, wo die Verbrennung so gut als möglich.

Es würde dies übrigens leicht durch directe Beobachtung mittelst eines Manometers bestimmt werden können, der angebracht werden müßte:

1) unter dem geschlossenen Aschenfall einer sich mit gewöhnlicher Geschwindigkeit bewegenden Locomotive,

2) unter dem geschlossenen Aschenfall eines Dampfkessels mit gut eingerichtetem Herde.

Man bestimmt auf diese Weise nicht allein die relativen Werthe von h in beiden Fällen, welche wir gleich angenommen haben, sondern auch ihre wirklichen Werthe, welches um so wichtiger sein würde, da man über diesen Punkt sehr unbestimmte Angaben hat.

Nach unseren eigenen Beobachtungen schwankt dieser Werth von h zwischen 2 — 4 Centimetern, d. h. er beträgt im Durchschnitt 3 Centimeter.

Wir werden weiter unten sehen, welche Kraft man anwenden muß, wenn bei beiden Systemen des Zuges diese Zahlen angewendet werden.

Discussion.

Wir haben gefunden (Gleichung 2):

$$\mathrm{T\,m} = \frac{\mathrm{P}}{1{,}3} \times \frac{\mathrm{b}}{\mathrm{b} \pm \mathrm{h}} (1 + \mathrm{at})\, \mathrm{h} \times 13590.$$

Wir sehen zuvörderst, daß plus h als Nenner dem Zuge durch Blasen entspricht und minus h beim Zuge durch Saugen; wenn der Nenner des Bruches $\frac{\mathrm{b}}{\mathrm{b} \pm \mathrm{h}}$ zunimmt, so nimmt dieser Bruch ab und umgekehrt. Dasselbe Resultat findet bei T m statt.

Aber nicht hier ist die größte Differenz, sondern bei dem Werthe von t.

Wenn man dahin gelangen könnte, daß die Temperatur des

aus dem Herde und aus den Kanälen strömenden Rauches gleich der äußern Luft wäre, so würde die einzige Differenz zwischen den verbrauchten wirkenden Größen in dem Bruche $\frac{b}{b+h}$ liegen. Aber so wie die Heizapparate jetzt construirt sind, hat der aus den Kanälen ausströmende Rauch wenigstens eine Temperatur von 200 Grad und erhebt sich wie in den Locomotiven bis auf 400 Grad, im Durchschnitt 300 Grad.

Die äußere Luft dagegen schwankt zwischen minus 10 Grad und plus 30 Grad C. und beträgt daher im Durchschnitt plus 10 Grad.

Es folgt daraus, daß der Factor 1 plus a t, welcher der verbrauchten Kraft proportional ist, beträgt:

Im erstern Falle $1 + 0{,}00366 \times 300 = 2{,}098$;

Im zweiten Falle $1 + 0{,}00366 \times 10 = 1{,}0366$, das heißt mehr als das Doppelte im ersten als im zweiten Falle.

Nehmen wir für h den Werth 0,04 M., so erhalten wir:

Zug durch Blasen:

$$T\,m = \frac{P}{1{,}3} \times \frac{0{,}76}{0{,}80} \times 1{,}0366 \times 0{,}04 \times 13590$$

$= 410$ P Kilogrammeter.

Machen wir $P = 20$ Kil., das ist das Minimum des Werthes, welches es für 1 Kil. verbrannter Steinkohlen haben könnte, so erhalten wir:

$$T^m = 410 \times 20 = 8200 \text{ Kilogrammeter.}$$

Zug durch Saugen.

$$T^m = \frac{P}{1{,}3} \times \frac{0{,}76}{0{,}72} \times 2{,}098 \times 0{,}04 \times 13590$$

$= 924$ P Kilogrammeter,

und wenn man $P = 20$ Kilogr. macht:

$$T^m = 924 \times 20 = 18480 \text{ Kilogrammeter.}$$

Beispiel.

In den Locomotiven verbrennt man 400 Kilogr. Coaks in der Stunde, daher 1 Kil. in $\frac{3600}{400} = 9$ Secunden.

Man mache $T = 9$.

Die zur Verbrennung von 1 Kil. Coaks erforderliche Kraft beträgt in 9 Secunden:

1) Durch Blasen . . . . . 8200 Kilogrammeter.
2) Durch Saugen . . . . . 18480 ”

Für eine Secunde beträgt dies:

$$1^0 \quad \frac{8200}{9} = 911{,}11 \text{ Kilogrammeter} = \frac{911{,}11 \text{ Pferdekräfte}}{75} =$$

$$12{,}2 \text{ Pferdekräfte;}$$

$$2^0 \quad \frac{18480}{9} = 2053{,}33 \text{ Kilogrammeter} = \frac{2053{,}33 \text{ Pferdekräfte}}{75}$$

$$= 27{,}50 \text{ Pferdekräfte.}$$

Im ersteren Falle beträgt die durch den Zug absorbirte Kraft $12\frac{1}{5}$ Pferdekräfte.

Im zweiten Falle beträgt diese Kraft $27\frac{1}{2}$ Pferdekräfte, wobei jedoch die Reibungen in den Röhren unberücksichtigt bleiben, die aber für h einen weit größeren Werth als 4 Centimeter erfordern.

Wir wollen nun jetzt zu den praktischen Untersuchungen der drei Apparate, welche einen Ofen bilden, schreiten.

§. 1. Herde.

Die Herde sind Räume von zweckmäßigen Formen und Dimensionen zur Aufnahme und zum Verbrennen bestimmter Mengen und vorher ausgewählter Brennmaterialien in einer gegebenen Zeit.

Unter den verschiedenen bekannten Brennmaterialien sind es besonders zwei, Steinkohlen und Coaks, oder verkohlte Steinkohlen, die man fast ausschließlich zur Dampferzeugung anwendet. Aus diesem Grunde reden wir hier nur von den auf diese Brennmaterialien sich beziehenden Herde und verweisen übrigens auf das treffliche Werk von Péclet über die »Wärme und deren Benutzung« (nach der zweiten Auflage deutsch von C. Hartmann, Weimar 1846).

Die zu der Verbrennung von Steinkohlen und Coaks sind im Allgemeinen prismatische oder cylindrische Räume, welche mittelst einer durchbrochenen Wand, den Rost, auf welchem das zu verbrennende Brennmaterial liegt, in zwei Theile getheilt werden. Die Abtheilung über dem Rost, in welcher die Verbrennung bewirkt wird, ist der eigentliche Herd, oder der Feuerkasten, wie er z. B. bei den Locomotiven genannt wird. Die unter dem Rost

liegende Abtheilung, welche die Rückstände von der Verbrennung aufnimmt, heißt der Aschenfall oder Aschenkasten.

Der Hauptheil des Herdes ist der Rost, dessen Dimensionen von der Menge des Brennmateriales abhängen, welches in einer Stunde verbrannt werden soll.

In Herden, die mit Steinkohlen gefeuert werden, beträgt die in einer Stunde und auf das Quadratdecimeter Rostoberfläche 0,25 bis 0,80 Kilogr.; selten überschreitet man diese Grenzen, sowohl auf der einen oder auf der anderen Seite.

Der sehr wissenschaftlich gebildete Maschinenfabrikant Cavé in Paris hat sehr viele Versuche über das Verhältniß angestellt, welches zwischen der Rostoberfläche und dem Brennmaterialverbrauch in einer Stunde stattfinden müsse. Indem wir aus diesen Versuchen, die wir fast gänzlich in diesem Werke mittheilen (man sehe auch weiter unten bei den Kesseln und Kanälen), die Maxima der Dampfmengen entnehmen, die durch 1 Kil. Steinkohle für verschiedene Verhältnisse der Rostoberfläche einerseits und der Heizoberfläche andererseits, von den Brennmaterialien hervorgebracht worden sind, entsteht die folgende Tabelle:

	Größte Mengen des von 1 Kilogr. Steinkohle verdampften Wassers, in Kil.	Steinkohlenmenge, welche auf das Quadratdecimeter der Rostoberfläche in einer Stunde verbrannt ist, in Kil.	Verhältnisse zwischen der Rost- und Heizoberfläche des Kessels.		Größte Menge des von 1 Kilogr. Steinkohle verdampften Wassers, in Kil.	Steinkohlenmenge, welche auf das Quadratdecimeter der Rostoberfläche in einer Stunde verbrannt ist, in Kil.	Verhältnisse zwischen der Rost- und Heizoberfläche des Kessels.
1. Gruppe.	8,72	0,24	1 bis 7,6	3. Gruppe.	6,45	0,39	1 bis 15,2
	8,35	0,56	1 = 19,0		6,41	0,44	1 = 7,6
	7,80	0,48	1 = 15,2		6,35	0,57	1 = 26,0
	7,70	0,60	1 = 19,0		6,30	0,70	1 = 15,2
	7,60	0,24	1 = 19,5		6,02	0,75	1 = 26,0
2. Gruppe.	7,30	0,35	1 = 12,9	4. Gruppe.	5,86	0,81	1 = 15,2
	6,90	0,39	1 = 12,9		5,82	0,78	1 = 26,0
	6,82	0,35	1 = 19,5		5,70	0,52	1 = 26,0
	6,78	0,44	1 = 13,0		5,68	0,73	1 = 15,2
	6,55	0,33	1 = 15,2				

Wenn wir die mittleren Resultate aus dieser Tabelle ziehen, so finden wir:

Durch 1 Kilogr. Steinkohle verdampftes Wasser . . . . 6,80 Kilogr.

Steinkohlenmenge, welche in einer Stunde und auf ein Quadratdecimeter Rostoberfläche verbrannt worden ist . . . . 0,52 Kilogr.

Verhältnisse zwischen der Rost= und Heizoberfläche . . . . 1 bis 17,20 =

Wenn wir jetzt die Mittelzahlen dieser Resultate in vier Gruppen vertheilen, so erhalten wir:

Gruppen.	Wasser, welches von 1 Kilogr. Steinkohle verdampft worden ist.	Steinkohlenmenge, die in einer Stunde und auf das Quadratdecimeter Rostoberfläche verbrannt worden sind.	Verhältnisse zwischen den Rost= und Heizoberflächen.
1. Gruppe. . . .	8,03 Kil.	0,42 Kil.	1 bis 16,0
2. = . . .	6,87 =	0,41 =	1 = 14,7
3. = . . .	6,30 =	0,57 =	1 = 18,0
4. = . . .	5,76 =	0,71 =	1 = 20,6

Wir machen aus diesen mittleren Zahlen die nachstehenden Folgerungen:

1) Man kann das Verhältniß zwischen der Rost= und der Heizoberfläche als constant und gleich 1,17 ansehen und kann dagegen annehmen, daß die durch ein Kilogr. Brennmaterial erzeugten Dampfmengen um so größer sind, je geringer die Menge der in der Stunde und auf das Quadratdecimeter Rostoberfläche verbrannten Steinkohlen ist.

2) Obwohl nach der Tabelle der weiter oben mitgetheilten Versuche, das Maximum der von 1 Kilogr. Brennmaterial entwickelten Dämpfe, einen Steinkohlenverbrauch entspricht, der gleich 0,24 Kilogr. in der Stunde und auf 1 Quadratdecimeter Rostoberfläche ist, so kann man dieses Resultat doch nur bei großer Sorgfalt erlangen; es beweis't, daß in allen Fällen, so viel als möglich, der Heizer die Circulation der Luft durch das Brennmaterial zu erleichtern suchen muß. Unserer Annahme nach ist die mittlere Zahl 0,40 Kil. als untere Grenze, sehr zweckmäßig.

Kurz, es geht aus den Resultaten der Cavé schen Versuche hervor, daß, wenn man annimmt:

Das Verhältniß zwischen Heiz= und Rostoberfläche 17 : 1.

Menge der Steinkohlen, welche auf ein Quadratdecimeter Rostoberfläche und in der Stunde verbrannt wird 0,40 Kil.

Man befindet sich alsdann in den günstigen Verhältnissen, daß man 8 Kil. Dampf durch 1 Kil. verbrannter Steinkohlen erzeugt.

Herde, welche Coaks verbrennen, haben ganz andere Rostdimensionen als die Steinkohlen. Es können nicht allein die Roststäbe weit davon entfernt liegen, sondern die Oberfläche des Rostes kann auch weit geringer sein, und das Brennmaterial verbrennt um so besser, je mehr davon auf dem Rost aufgehäuft ist. In den Locomotiven, wo ein sehr heftiger Zug stattfindet, verbrennt man in der Stunde 5 Kil. Coaks auf 1 Quadratdecimeter Rostoberfläche, d. h. 12,5 Mal mehr als diejenige Menge, die für Steinkohlen als die zweckmäßige angegeben worden ist.

In Beziehung auf das Verhältniß, welches zwischen Rost- und Heizoberfläche stattfinden muß, läßt sich bis jetzt noch keine bestimmte Angabe machen.

Früher betrug dieses Verhältniß 1 : 50, jetzt aber nimmt man es durchschnittlich von 1 : 60 an. Es ist sehr wahrscheinlich, daß, wenn in diesem letzteren Fall ein mechanischer Zug stattfände, der Nutzeffect größer als in dem ersteren sein würde. Wir kommen weiter auf diesen Gegenstand zurück, wenn wir von diesen Motoren handeln.

Die Höhe des Herdes über dem Rost ist für jedes Brennmaterial fast constant, sei die Rostoberfläche auch welche sie wolle.

Bei Steinkohlen beträgt diese Höhe zwischen Rost und Generator etwa 30 Centimeter; sie muß etwas bedeutender sein, wenn das Brennmaterial eine lange Flamme giebt und etwas geringer, wenn die Flamme kurz ist. In allen Fällen darf die Dicke der Brennmaterialschicht auf dem Rost bei Stückkohlen nicht mehr als 12 und bei kleinen Kohlen nicht mehr als 8 Centimeter betragen.

Feuert man mit Coaks, so ist die Höhe des Zwischenraums zwischen Rost und Generator verschieden, da die Dicke der Brennmaterialschicht auf dem Rost ebenfalls verschieden ist. In den Locomotiven, in denen, wie schon bemerkt, ein sehr starker Zug stattfindet, beträgt die Dicke des Brennmaterials auf dem Rost zuweilen bis 60 Centimeter. Die Höhe des Feuerkastens beträgt in diesem Falle etwa 1 Meter mehr oder weniger, allein dies ist eine Folge von Rücksichten, die der Verbrennung gänzlich fremd sind. In allen diesen Fällen ist es sehr zweckmäßig, zwischen der obern Fläche der Coaksschicht und der Generatorwand nur einen Raum von 15 bis 20 Centimeter Höhe zu lassen. Ist die Höhe geringer, so muß man fürchten, daß das Metall durch die starke Einwirkung des Schwefels in dem Brennmaterial oder durch die Salzniederschläge verbrannt wird, indem da, wo viel Wärmestoff

durchgelassen wird, sich Punkte in dem Generator bilden, die man Dampfkammern nennt.

Die Roste bestehen aus Stäben, deren Formen je nach dem Brennmaterial verschieden sind, wie wir bereits im ersten Theile S. 136 und folgende sahen. Zwischen Länge und Breite der Roste giebt es keine bestimmten Verhältnisse; im Allgemeinen ist es zweckmäßig, daß die Breite geringer als die der Oberfläche des Generators sei, welche der directen Einwirkung des glühenden Brennmaterials ausgesetzt ist. Anderentheils ist es auch zweckmäßig, daß die Länge nicht zu bedeutend sei, indem dadurch das Feuern so sehr erschwert wird und man alsdann die Thür zu lange offen lassen muß. Eine Länge von 1,80 Met. ist das Maximum, welches man zweckmäßiger Weise einem Rost geben kann; man muß demnach die Einrichtung bei dem Generator so treffen, daß die dem Feuer ausgesetzte Oberfläche desselben eine hinlängliche Breite darbietet, um die des Rostes, welcher dieser größten Länge entspricht, zu übersteigen, welches übrigens nur für große Apparate anwendbar ist.

Ein Rost hat zweckmäßige Verhältnisse, wenn sich seine Länge zur Breite wie 4 : 3 verhält. Zu breit darf er nicht sein, weil alsdann die Verbrennung nicht lebhaft genug ist.

An den Enden des Rostes befinden sich auf der einen Seite das Schürloch, die Thür- und die Herdplatte, von denen wir bereits auf S. 137 des 1. Theiles geredet haben, und an der andern Seite die Feuerbrücke, welche zur Trennung des Herdes von den Kanälen dient.

Die Feuerbrücke (Fig. 1. Taf. XIX.) ist eine kleine senkrechte Mauer A, am Ende des Rostes, um die Flamme zu erheben, welche der Zug der Esse niederzudrücken, und von dem Heizapparate zu entfernen sucht. Die Höhe der Feuerbrücke zwischen dem Rost schwankt zwischen 15 bis 20 Centimeter, je nach der Entfernung des letzteren von der untern Kesselwand. In allen Fällen ist es zweckmäßig, nicht mehr als 15 Centimeter zwischen der obern Seite der Feuerbrücke und dieser Wand zu lassen.

Der Aschenfall ist ein prismatischer rechteckiger Raum B (Fig. 1.), von denen eine der Seitenflächen ganz offen ist, und durch diese tritt die zur Verbrennung erforderliche Luft ein. Die Höhe des Aschenfalls ist nicht willkürlich; denn wenn er zu niedrig ist, so erhitzt die Ausstrahlung aus den glühenden Schlacken und der Asche, die am Boden liegen, den Rost und befördert seine Zerstörung, die das glühende Brennmaterial bewirkt. Im Allgemei-

nen legt man einen Rost 80 Centimeter über die Sohle, indem diese Höhe die zweckmäßigste für das Schüren ist. Ebenso ist es auch sehr zweckmäßig, die Sohle des Aschenfalls in gleiche Linie mit der Sohle des Raumes zu legen, in welchem sich der Heizer befindet.

§. 2. Kanäle.

Kanäle oder Feuerkanäle oder Züge nennt man eine Reihe von Leitungen, welche den Kessel umgeben und durch welche die glühenden Gase von dem Herde zur Esse strömen.

Man betrachtet die Kanäle unter drei verschiedenen Gesichtspunkten, nämlich: Einrichtung, Form und Dimensionen.

Es giebt zwei Haupteinrichtungen der Kanäle, von denen die eine mit derectem Zuge in einem oder in mehreren einzelnen Kanälen besteht, alle von dem Herde ausgehen und in die Esse einmünden, und von denen die andere, mit Circulation, in einer Reihe von auf einander folgenden Zügen besteht, von denen der erste vom Herde ausgeht und der letzte in die Esse einmündet.

Ehemals fand man beide Einrichtungen ohne Unterschied bei den Kesseln mit innerer und mit äußerer Feuerung. Bei den ersteren hatte die Circulation das Nachtheilige, daß sich die Kanäle nie ordentlich reinigen ließen, wogegen bei den zweiten die directen Züge das Nachtheilige hatten, die heißen Gase ungleich zu vertheilen, welches dem Zweck einer guten Feuerung entgegen war.

Jetzt wendet man fast ausschließlich bei Kesseln mit innerer Feuerung directe Züge an, bei Kesseln mit äußerer Feuerung aber Züge mit Circulation.

Im erstern Fall sind die Kanäle rund und heißen Röhren, deren Anzahl und Durchmesser nach der Größe der zu heizenden Oberfläche, so wie nach der Beschaffenheit des anzuwendenden Brennmaterials verschieden sind. Wir werden weiter unten sehen, welche Bedingungen zu erfüllen sind, um ihnen eine bestimmte Größe der Heizoberfläche zu geben; hier beschäftigen wir uns nur mit ihrem Durchmesser.

Vor der wichtigen Erfindung der Kessel mit engen Röhren, war der Durchmesser derselben nie geringer als 10 Centimeter und er stieg bis zu 30, 60 und selbst 100 Centimeter, je nachdem der Apparat größer oder kleiner war. Jetzt, wo man den ganzen Nutzen geringer Durchmesser für die Heizoberfläche erkannt hat, sucht man diesen letztern die geringsten Werthe zu geben, welche sie nur haben können. Nun kann aber dieser Werth um so geringer sein, je weniger Rauch das Brennmaterial beim Brennen

giebt, indem derselbe Ruß in dem Innern absetzt, welcher die Röhren zu verstopfen strebt. Es folgt daraus, daß wenn das Brennmaterial Backkohle ist, der Durchmesser der Röhren nicht geringer als 10 Centimeter sein darf, dagegen dieser Durchmesser bis zu 5 Centimeter und noch darunter vermindert werden kann, wenn man Coaks verbrennt.

Im zweiten Fall haben die Kanäle rechteckige Durchschnitte mit kleinerer oder größerer Veränderung, und von denen eine Seitenfläche durch die Wand des Generators geschlossen, während die beiden anderen aus einer Ziegelsteinmauer bestehen.

Die Höhe dieser Kanäle hängt von der der Kesselwand ab, die ohne Nachtheil mit ihnen in Berührung stehen kann. Die Breite wird nach den Betrachtungen bestimmt, welche wir weiter unten bei den Essen anstellen wollen. Im Allgemeinen muß der Durchschnitt der Kanäle wenigstens eben so groß wie der der Essen sein.

Die Einrichtung der Kanäle mit Circulation ist nothwendig nach dem System des zu feuernden Generators verschieden. Im Allgemeinen giebt es einen ersten Kanal, welcher von dem Herde ausgehend die heißen Gase der ganzen Länge nach unter den Generatorboden führt; beim Austritt aus diesem Kanal gehen die heißen Gase mittelst anderer Kanäle in den Kessel und strömen alsdann in die Esse.

Diese Art der Circulation, welche bloß jetzt bei cylindrischen Kesseln mit zwei Siederöhren angewendet wird, hat das Nachtheilige, daß sie den Zug der Esse verzögert, nicht allein, weil die Gase abgekühlter dahin gelangen, als wenn sie direct in die Esse strömen, sondern auch weil sie in den Circulationen an den Kanalwänden bedeutende Reibungen erleiden, und mehrere Biegungen treffen. Es folgt daraus, daß, wenn einestheils der Kessel den heißen Gasen eine größere Wärmemenge entzieht, anderntheils die absorbirte Menge der Strahlenwärme, wegen der langsamern Verbrennung geringer ist.

Die schon weiter oben bei den Rosten erwähnten interessanten Versuche von Cavé haben hauptsächlich den Zweck gehabt, um die Vortheile der Circulation zu bestimmen. Man hat zu dem Ende 3 Kessel mit äußerer Feuerung angewendet, von denen einer gar keine Sieederöhre hatte, die beiden anderen aber solche von verschiedenen Dimensionen. Diese Kessel wurden nach einander mit und ohne Circulation gefeuert.

Die nachstehende Tabelle enthält eine Uebersicht aus diesen Versuchen, insofern sie sich auf die Circulation bezogen.

Tabelle über die Wassermengen, welche bei verschiedener Einrichtung der Kanäle durch 1 Kilogr. Steinkohlen verdampft worden sind.

Kesselsysteme.	Art der Feuerung der Kessel.	Ganze Länge der Kanäle.	Anzahl der Kniee, ausschließlich von dem Eingang in die Esse.	Verhältnisse zwischen den Rost- und Heizoberflächen.	Heizoberflächen in Quadratmetern.	Steinkohlenmengen, die in der Stunde verbrannt worden sind, in Kilogr.	Wassermengen, die durch ein Kil. Steinkohlen verdampft worden sind, in Kil. In der Wirklichkeit.	Im Durchschnitt.
		Meter.						
Cylindrisch ohne Siederöhren.	Circulation in zwei Zügen u. ein Fuchs zur Esse.	21	2	1 bis 7,6	12, 5	39,50	7,79 8,72 7,75	8,08
desgl.	desgl.	21	2	1 = 15,2	12, 5	39,50	7,75 7,55 7,71	7,67
desgl.	desgl.	21	2	1 = 15,2	12, 5	31,80	—	6,45
		21	2	1 = 15,2	12, 5	57,25	—	6,30
Cylindrisch ohne Siederöhren, mit Rauchröhren.	desgl.	21	2	1 = 15,2	12, 5	37,50	7,80 6,90	7,35
		21	2	1 = 15,2	12, 5	31,80	—	7,42
		—	—	1 = 19	12, 5	39, 5	7,20 6,62 7,70 6,23	7,21
desgl.	desgl.	21	2	1 = 19	12, 5	37,00	—	8,35
desgl.	desgl.	21	2	1 = 19	12, 5	37,30	—	8,32

Tabelle über die Wassermengen, welche bei verschiedener Einrichtung der Kanäle durch 1 Kilogr. Steinkohlen verdampft worden sind.

Kesselsysteme.	Art der Feuerung der Kessel.	Ganze Länge der Kanäle.	Anzahl der Kniee, ausschließlich von dem Eingang in die Esse.	Verhältnisse zwischen den Rost- und Heizoberflächen.	Heizoberflächen in Quadratmetern.	Steinkohlenmengen, die in der Stunde verbrannt worden sind, in Kil.	Wassermengen, die durch ein Kil. Steinkohlen verdampft worden sind, in Kil.	
							In der Wirklichkeit.	Im Durchschnitt.
		Meter.						
Cylindrisch ohne Siederröhren, mit Rauchröhren.	Circulation in zwei Zügen u. ein Fuchs zur Esse.	21	2	1 bis 15,2	12, 5	44,50	6,55 5,92 5,90	6,12
desgl.	desgl.	21	2	1 = 15,2	12, 5	38, 6	—	6,90
desgl.	desgl.	21	2	1 = 15,2	12, 5	38, 2	6,90 6,62	6,76
desgl.	desgl.	21	2	1 = 15,2	12, 5	37, 6	—	6,85
Kessel ohne Siederöhren.	Direct.	8	Keine.	1 = 15,2	12, 5	60,00	5,68 5,60	5,64
desgl.	desgl.	8	Keine.	1 = 15,2	12, 5	66,00	5,20 5,70 5,86	5,59
desgl.	desgl.	8	Keine.	1 = 7,6	12, 5	72,10	6,00 6,17 6,41 6,41 6,40	6,28

Kessel mit 2 Siederöhren.	Circulation in zwei Zügen u. ein Fuchs.	23	2	1 : 19,5	32,18	39,50	7,12	7,30
							7,59	
							7,60	
							6,90	
desgl.	desgl.	23	2	1 : 19,5	32,18	57,20	—	6,82
desgl.	Direct.	7	Keine.	1 : 13,0	21,36	64,00	6,90	6,90
							6,90	
desgl.	desgl.	7	Keine.	1 : 13,0	21,36	58,10	—	7,30
desgl.	desgl.	7	Keine.	1 : 26,0	21,36	64,00	—	5,82
desgl.	desgl.	7	Keine.	1 : 26,0	21,36	61,80	—	6,02
desgl.	desgl.	7	Keine.	1 : 26,0	21,36	46,50	6,35	6,26
							6,18	
desgl.	desgl.	7	Keine.	1 : 26,0	21,36	42,80	—	5,70
desgl.	desgl.	7	Keine.	1 : 13,0	21,36	72,20	6,02	6,23
							6,00	
							6,50	
							6,40	
desgl.	Circulation in zwei Zügen u. ein Fuchs.	16	2	1 : 13	21,36	72,20	6,15	6,33
							6,30	
							6,72	
							6,78	
							6,02	
							6,10	
							6,27	
							6,30	
desgl.	desgl.	16	2	1 : 13	21,36	73,00	—	6,59

Es folgt aus der Untersuchung dieser Tabelle, daß einestheils die mittlere Wassermenge, welche von 1 Kilogr. Steinkohle verdampft worden ist, unter folgenden beiden Umständen 8 Kilogr. überstiegen hat, nämlich:

1) Cylindrischer Kessel ohne Sieveröhren, mit Circulationen in zwei Zügen mit 1 Fuchs, 21 Meter lang und 2 Kniee; das Verhältniß der Rost= zur Heizoberfläche war gleich 1,7 : 6; die Heizoberfläche gleich 12,5 Meter und der Steinkohlenverbrauch in der Stunde gleich 39,50 Kilogr.

2) Derselbe Kessel, wie der vorhergehende, mit Rauchröhre, mit derselben Circulation; das Verhältniß zwischen Rost= und Heizoberfläche gleich 1 : 19; der Steinkohlenverbrauch in der Stunde im Durchschnitt 37,15 Kilogr.

Anderentheils beträgt die mittlere Wassermenge, welche durch 1 Kilogr. Steinkohle verdampft worden ist, unter 6 Kilogr., bei Kesseln mit zwei Sieveröhren, bei Feuerungen mit directem Zuge; das Verhältniß zwischen Rost= und Heizoberflächen gleich 1 : 26; die Heizoberfläche 21,36 Quadratmeter; der Steinkohlenverbrauch in der Stunde 1) 64 Kilogr.; 2) 42,80 Kilogr.

Man hat unseres Wissens keine Versuche mit Kesseln mit zwei Sieveröhren und mit Circulation um den Kessel angestellt. Es ist wahrscheinlich, daß in diesem Falle die Resultate analog denen waren, welche man mit Kesseln mit zwei Sieveröhren und mit doppelter Circulation erhielt und durch die auch noch eine Rauchröhre ging.

Es läßt sich aus diesen Untersuchungen noch Folgendes ableiten:

1) Wenn der Kessel kurz ist, so ist es immer zweckmäßig, den Rauch circuliren zu lassen und Sieveröhren anzuwenden.

2) Ist der Kessel lang, so kann es vortheilhaft sein, mit directen Zügen zu feuern, jedoch, indem man auf das Quadratmeter der Heizoberfläche so wenig als möglich verdampft.

Da nun diese beiden Thatsachen schon seit langer Zeit bekannt sind, so können die Resultate aus den Cav eschen Versuchen keine Veränderungen bei dem Feuerungssystem durch Circulation, welches hauptsächlich in den Städten angenommen ist, indem es dort an Raum fehlt, hervorbringen.

Wir werden weiter unten das Kesselsystem kennen lernen, welches wahrscheinlich das System mit äußerer Circulation oder mit Sieveröhren ersetzen wird.

§. 3. Essen.

Die Essen sind Apparate, welche den Zweck haben, Zug hervorzubringen und die flüchtigen Rückstände der Verbrennung bis zu einer gewissen Höhe in die Luft zu führen. Es sind senkrechte Röhren, die mit den Feuerkanälen zusammenhängen, und welche die Luft ansaugen, gänzlich so, wie es ein Kolben bewirkt, der sich in einem Cylinder bewegt.

Theorie der Essen.

Es sei AB, Fig. 16., Taf. XXVI. die Höhe einer Esse über dem Herde A, die mit diesem Herde in Berührung kommende Luft erwärmt sich und dehnt sich folglich aus. Bei gleichem Volum wird sie weniger dicht als unerhitzte Luft und in Folge des allgemeinen physikalischen Grundsatzes, welcher sagt: ein in eine Flüssigkeit untergetauchter Körper verliert an Gewicht das Gewicht eines gleichen Volums der verdrängten Flüssigkeit, sucht diese Luft mit einer um so größeren Geschwindigkeit sich zu erheben, je bedeutender die Differenz der Dichtigkeit ist. Es seien:

P das Gewicht der warmen Luft in der Esse.

P′ das Gewicht eines gleichen Volums kalter Luft.

Die warme Luft wird nach einem weiter oben angeführten physikalischen Grundsatz, mittelst einer Kraft $P' - P$ von unten nach oben getrieben.

Ausströmungsgeschwindigkeit. Es sei CDEF, Fig. 17., ein umgekehrter Heber und a ein Scheider, der in der Mitte des unteren Theiles DE angebracht worden ist. Man ziehe die Horizontallinie AB und nehme an, daß die Volumina, welche in den beiden Armen des Hebers vorhanden sind, und die zwischen AB und a liegen, einander gleich seien. Man fülle den Arm A, Da mit Luft von t Grad und den Arm B Ea mit Luft von t′ Grad.

Bei gleichem Volum und gleichem Druck verhalten sich die Dichtigkeiten umgekehrt wie die Temperaturen, und man hat demnach:

$$d : d' = 1 + at' : 1 + at.$$

Es sei t < kleiner als t′, man erhitze den Arm AD auf die Temperatur t′. Sein Volum nimmt zu, und wenn l die Länge von ADa, und der Heber cylindrisch ist, so erhält man die Länge l′, die dem neuen Volum entspricht, wobei man bemerkt, daß bei gleichen Gewichtsmengen die Volumina den Temperaturen proportional sind, daher:

$$l' : l = 1 + at' : 1 + at;$$

und $$l' = \frac{l(1 + at')}{1 + at} = CD\,a.$$

Sind die in beiden Armen enthaltenen Flüssigkeiten gleichartig, so sucht sich das Niveau mit einer Geschwindigkeit herzustellen, deren Druckhöhe AC ist, daher:

$$v = \sqrt{2g \times AC}.$$

Es sei $BE = AD = h$
$AC = h'$,

so hat man: $$h' = l' - l = l\left(\frac{1 + at'}{1 + at} - 1\right).$$

Macht man $l = h$, welches der Fall ist, wenn $DE = 0$ ist, so folgt:

$$h' = h\left(\frac{1 + at'}{1 + at} - 1\right).$$

Der Bruch $\frac{1 + at'}{1 + at}$ ist gleich à $1 + a(t' - t) - \frac{a^2 t(t' - t)}{1 + at}$.

Nun ist a^2 das Quadrat von 0,00366 oder 0,0000134; sein Product durch $\frac{t(t' - t)}{1 + at}$ ist eine außerordentlich kleine Größe, es seien übrigens t und t', welche sie wollen; es folgt daraus, daß man den Ausdruck ganz unberücksichtigt lassen kann und setzen:

$$h' = h\,(1 + a\,(t' - t) - 1) = h\,a\,(t' - t).$$

Ersetzt man h' durch diesen Werth mit dem Ausdruck v, so erhält man:

$$v = \sqrt{2\,g\,h\,a\,(t' - t)}.$$

Diese Formel ist genau, so lange die Luft in der Esse, bei gleicher Temperatur, dieselbe Dichtigkeit wie die äußere Luft hat. Jedoch findet in den Essen im Allgemeinen ein solches Verhältniß nicht statt, da ein Theil des Sauerstoffs in Kohlensäure verwandelt worden ist. Alsdann ist die erzeugende Höhe der Geschwindigkeit h' sondern h'', welches wir auf die folgende Weise erhalten:

Es sei d die Dichtigkeit der Luft bei 0 Grad;

d' die Dichtigkeit des Gasgemenges in der Esse bei gleicher Temperatur.

Bei gleichem Gewicht verhalten sich die Volumina umge=

kehrt, wie die Dichtigkeiten; demnach wird das Volumen $h + h'$ des Armes CD von der Dichtigkeit d, ausgedrückt in Gas des Armes B und E von der Dichtigkeit d'.

$$V : V' = d' : d,$$

$$\text{oder } h + h' : h + h'' = d' : d,$$

$$\text{oder } h + h'' = \frac{d\,(h + h')}{d'}.$$

Ersetzen wir h' durch seinen Werth, so erhalten wir

$$h + h'' = \frac{d}{d'}\,h\,(a\,(t' - t) + 1),$$

$$\text{oder } h'' = \frac{d\,h}{d'}\,(1 + a\,(t' - t)) - h.$$

Wenn die Dichtigkeit der Luft gleich 1, so erhält man die des Gemenges von Luft und Kohlensäure, indem man bemerkt, daß von 18 Kubikmeter, welche in die Esse strömen, nur 8,8 Kubikmeter ihren Sauerstoff in Kohlensäure verwandelt haben, d. h. ein Gewicht von 2,655 Kil. verwandelt in eins von

$$\frac{1{,}982 \times 2{,}655}{1{,}437} = 3{,}680 \text{ Kilogr.; Differenz } 1{,}025$$

18 Kubikmeter wiegen 23,4 Kil.;
18 Kubikm. vermengte Luft wiegen $23{,}4 + 1{,}025 = 24{,}425$;

man hat demnach: $23{,}4 : 24{,}425 = 1 : x = 1{,}044$

$$\text{und } h'' = \frac{h}{1{,}044}\,(1 + a\,(t' - t)) - h.$$

Nun hat man auch $\frac{h}{1{,}044} - h = -\,0{,}042\,h$, welches man vernachlässigen kann;

$$\text{es kommt endlich: } h'' = h\,a\,(t' - t)\,\frac{1}{1{,}044}$$

$$\text{und } v = \sqrt{2\,g\,h\,a\,(t' - t)\,\frac{1}{1{,}044}}$$

multiplicirt man diesen Werth von v mit dem Querdurchschnitt des Hebers, so erhält man das in der Secunde ausgeströmte theoretische Volum.

Um das wirklich ausgeströmte Volum zu erhalten, wird man anfänglich versucht, den Werth des theoretischen Volums

mit einem der Coefficienten zu multipliciren, welche d'Aubuisson für die Ausströmung der Gase gegeben hat.

Hier aber sind diese Coefficienten mangelhaft, wie Herr Péclet durch zahlreiche Versuche, die er über diesen Gegenstand angestellt, bewiesen hat.

Demnach hat dieser Physiker gefunden, daß da, wo die theoretische Geschwindigkeit ist:

1.	8,17 Met.	die wirkliche Geschwindigkeit ist	1,52 Met.
2.	8,94 "	" " —	" 1,76 "
3.	10,49 "	" " —	" 1,96 "

Nach solchen Resultaten wird es unerläßlich, die Reibungen zu bestimmen, welche in diesen Röhren stattfinden. Herr Péclet war es wieder, der diese schwierige Arbeit unternahm, und nach 1800 Versuchen, die er mit Röhren von allen Längen, von allen Durchmessern und von allen Beschaffenheiten angestellt hatte, leitete er die folgenden Grundsätze ab:

1) Der untere atmosphärische Druck wird größtentheils durch die Reibung aufgehoben.

2) Nimmt man an, daß der Verlust des Druckes proportional der Länge der Röhre ist, im umgekehrten Verhältniß zu ihrem Durchmesser steht und proportional dem Quadrat der Ausströmungsgeschwindigkeit und einem Coefficienten K ist, der von der Beschaffenheit der Esse abhängt, so hat man:

P gleich dem Druck, in Folge dessen das Gas zu steigen sucht.
p gleich dem Druck, in Folge dessen es wirklich steigt.
P — p ist der durch die Reibung absorbirte Druck.

Es sei $$P - p = K \frac{v^2 L}{D}$$

D und L sind der Durchmesser und die Länge des durchströmenden Kanals, und man leitet daraus ab:

$$p = P \frac{K v^2 L}{D}$$

Oder man hat: $v = \sqrt{2gp}$

Ersetzt man p durch seinen Werth, so erhält man:

$$v = \sqrt{2g\left(P - \frac{K v^2 L}{D}\right)}$$

Entnimmt man den Werth von K aus diesem Ausdruck, so erhält man

$$K = \frac{2g\,PD - v^2 D}{2g\,L\,v^2}$$

Wenn die oben angenommene Theorie für Röhren von gleicher Beschaffenheit gut ist, es seien nun ihre Längen und Durchmesser welche sie wollen, so müßte man immer gleichen Werth für K haben. Die Erfahrung hat bewiesen, daß in diesen Fällen von K die Werthe einander wesentlich gleich sind, und es hat demnach Péclet gefolgert, daß man für K die nachstehenden Werthe annehmen könne:

Essen von Ziegelsteinen	. . . . .	$K = 0{,}01275$
— = Eisenblech	. . . . .	$0{,}00510$
— = Gußeisen	. . . . .	$0{,}00255$

Lös't man im Verhältniß von v die Gleichung

$$v = \sqrt{2g\left(P - \frac{K v^2 L}{D}\right)}$$

es folgt:
$$v = \sqrt{\frac{2gPD}{D + 2gKL}}$$

und da das Gas, welches in die Kamine strömt, eine Dichtigkeit von 1,044 hat, so setzt man wie vorhergehend

$$v = \sqrt{\frac{2gPD}{D + 2gKL} \times \frac{1}{1{,}044}}$$

Indem man nun P durch seinen Werth $ha\,(t' - t)$ ersetzt, erhält man die nachstehenden Formeln:

1) Reine Luft.

Ziegelsteine . . $v = 9{,}12 \sqrt{\frac{ha\,(t' - t)\,D}{L + 4D}}$

Eisenblech . . $v = 14{,}43 \sqrt{\frac{ha\,(t' - t)\,D}{L + 10D}}$

Gußeisen . . $v = 20{,}41 \sqrt{\frac{ha\,(t' - t)\,D}{L + 20D}}$

2) Verbrannte Luft.

Ziegelsteine . . $v = 8{,}85 \sqrt{\frac{ha\,(t' - t)\,D}{L + 4D}}$

Eisenblech . . $v = 14{,}00 \sqrt{\frac{ha\,(t' - t)\,D}{L + 10D}}$

Gußeisen . . $v = 19{,}80 \sqrt{\frac{h\,a\,(t' - t)\,D}{L + 20\,D}}$

Dies sind die sechs wichtigen Formeln, die Hr. Péclet aus seinen langen und schwierigen Erfahrungen abgeleitet hat.

Werth von t'. Wir haben mit t' die Temperatur der Luft in der Esse bezeichnet.

Diese Temperatur nimmt, wie sich leicht nachweisen läßt, von unten nach oben stets ab, und zwar um so schneller, je dünner die Essenwand und ein je besserer Wärmeleiter sie ist. t' ist demnach eine mittlere Temperatur.

Zur Bestimmung von t' haben wir die nachstehenden, durch Erfahrungen gefundenen Formeln:

Es sei: T', die Temperatur am oberen Ende;
T, dieselbe am Fuß;
D, der Durchmesser;
e, die mittlere Stärke;
v, die Ausströmungs-Geschwindigkeit.

1) Ziegelsteine.

$$\text{Log. } T' = \text{Log. } T - \frac{0{,}0000{,}61\,L}{D\,e\,v}$$

2) Eisenblech von 0,001 Meter Dicke.

$$\text{Log. } T' = \text{Log. } T - \frac{0{,}0135\,L}{D\,v}$$

3) Gußeisen von 0,01 Meter Dicke.

$$\text{Log. } T' = \text{Log. } T - \frac{0{,}0243\,L}{D\,v}$$

Kennt man T, so bestimmt man T' durch eine von den drei folgenden Formeln, und man leitet t' die mittlere Temperatur ab, indem man setzt:

$$t' = \frac{T + T'}{2}$$

Da die Temperatur der äußeren Luft immer sehr gering im Verhältniß zu t' ist, so kann man sie gleich o setzen, man hat alsdann:

$$t' - t = \frac{T + T'}{2}$$

Werth von v. Um die Ausströmungsgeschwindigkeit zu

finden, verfährt man auf folgende Weise: Man will die Ausströmungsgeschwindigkeit einer Ziegelesse finden:

Man hat 1) $\text{Log.}\, T' = \text{Log.}\, T - \frac{0{,}000061\, L}{D e v}$

2) $v = 8{,}85 \sqrt{\frac{P D}{L + 4 D}}$

3) $P = a h (t' - t) = 0{,}00366 h \frac{T + T'}{2}$

Könnte man T′ wegschaffen, so könnte die Aufgabe gelöst sein, jedoch ist diese Wegschaffung sehr schwierig, und es ist zweckmäßiger, zu einem andern Mittel zu greifen.

Nehmen wir $T' = T$, so leiten wir für P einen Werth ab, der in der zweiten Gleichung substituirt, einen correspondirenden Werth von v giebt. Substituirt man dann den Werth von v in der ersteren Formel, so erhalten wir für T′ einen andern Werth als T, welches wir in P substituiren, alsdann dieses neue P in v, das neue v in P u. s. f., bis daß der Werth von T′ nicht mehr schwankt. Zu diesem Punkte gelangt, substituirt man diesen Werth von T′ in den Ausdruck von P und deducirt daraus v.

Bestimmung der Dimensionen der Essen.

Es seien: A, das Volum der warmen Luft, welches in der Secunde ausströmen soll, p die Anzahl der Kilogr. Steinkohle, die man in der Stunde verbrennt, und 20 die Anzahl der Kubikm. kalter Luft, welche zur Verbrennung von 1 Kil. erforderlich ist.

$\frac{p \times 20}{3600} (1 + a t')$ ist das Volum der warmen Luft, welches in der Secunde aus der Esse ausströmt.

Man hat daher: $A = \frac{p \times 20}{3600} (1 + a t') \;.\;.\;.\; (1)$

Es seien D eine Seite des Quadrats von dem oberen Essendurchschnitt; v die Ausströmungsgeschwindigkeit der verbrannten Luft.

Man hat: $D^2 v = A$ daher: $v = \frac{A}{D^2}$

Ersetzt man v durch seinen Werth, z. B. für Ziegelsteine, so erhält man, wenn man den Ausdruck Vier D, der sehr klein ist, unberücksichtigt läßt:

$$\frac{A^2}{D^4} = (8{,}85)^2 \frac{P\,D}{4}$$

und:

$$L\,A^2 = (8{,}85)^2\,P\,D^5$$

daher:

$$D = \sqrt[5]{\frac{L\,A^2}{(8{,}85)^2\,P}}$$

und: $\text{Log.}\,D = \frac{1}{5}(2\,\text{Log.}\,A + \text{Log.}\,L - 2\,\text{Log.}\,8{,}85 - \text{Log.}\,P)$ (2)

A ist durch die Formel (1) bestimmt.

L ist die ganze Länge, welche der Rauch durchströmt hat, eine Länge, die man etwas vermehren muß, da der Ausdruck 4 D unberücksichtigt geblieben ist.

Es ist unnöthig, die Formeln zur Erlangung von D anzugeben, wenn die Esse aus Blech oder aus Gußeisen besteht, indem der dabei zu verfolgende Gang ganz derselbe wie bei Ziegelsteinen ist, und indem nur die Werthe von v und von t′ sich verändern.

Discussion.

Die allgemeine Formel, um die Ausströmungsgeschwindigkeit aufzufinden, ist:

$$v = \sqrt{2gha\,(t' - t)\,\frac{1}{1{,}044} \times \frac{D}{D + 2gKL}}$$

Wenn l die Länge der Circularkanäle des Rauches vor dessen Eintritt in die Esse ist, so hat man:

$$L = h + l$$

Man kann demnach die folgende Frage aufzulösen haben:

Giebt es einen Werth von h, für den v das Maximum?

Diese Frage ist sehr wichtig, indem es der Fall sein könnte, daß, in Folge der Reibungen in der Esse, es mehr Nachtheile als Vortheile hätte, derselben eine bedeutende Höhe zu geben.

Es würde diese Frage leicht zu lösen sein, wenn der Factor t′ — t unabhängig von a wäre. In diesem Falle würde man finden, daß h um so größer, je bedeutender v ist, die Durchmesser übrigens gleich angenommen. Da aber der Factor t′ — t mit den verschiedenen Werthen von h auf eine Weise schwankt, welche die Substitution in der Gleichung unmöglich macht, so läßt sich die Frage nur durch Beispiele lösen.

Bei einer Esse von Ziegelsteinen haben wir daher unter Berücksichtigung aller Reductionen:

$$v = 8{,}85 \sqrt{\frac{ha\,(t' - t)\,D}{l + h + 4D}}$$

und $$\text{Log. } T' = \text{Log. } T - \frac{0{,}000061\,(l + h)}{D\,e\,v}$$

Es seien unter anderen: $h = 10{,}00$ M.
$D = 0{,}50$ „
$l = 10{,}00$ „
$e = 0{,}20$ „
$T = 400{,}00$ Grad.

Wir nehmen an, daß $T' = T$, welches giebt:
$t' - t = 400$ Grad,

und: $$v = 8{,}85 \sqrt{\frac{10 \times 0{,}00366 \times 400 \times 0{,}50}{20 + 2}}$$
$= 5{,}12$ M.

daher: $$\text{Log. } T' = 2{,}602 \; \frac{0{,}000061 \times 20}{0{,}50 \times 0{,}20 \times 5{,}12}$$
$T' = 398$ Gr.

Es findet daher keine wesentliche Abkühlung statt.

$h = 20$ M.

Wir nehmen stets $T' = T$;

und: $$v = 8{,}85 \sqrt{\frac{20 \times 0{,}00366 \times 400 \times 0{,}50}{30 + 2}}$$
$= 6{,}00$ M.

daher: $$\text{Log. } T' = 2{,}602 - \frac{0{,}000061 \times 30}{0{,}50 \times 0{,}20 \times 6}$$
$T' = 397$ Gr.

Es findet daher immer noch keine wesentliche Abkühlung statt.

Nehmen wir die Geschwindigkeiten 5,12 M. und 6,00 M. an, so sehen wir, daß bei einer Verdoppelung der Höhe wir nur 0,88 M. Geschwindigkeit mehr gewinnen, d. h. $\frac{1}{6}$, woraus folgt, daß: wenn die Essen höher als 10 M. sind, der Zug nur in einem so geringen Verhältnisse zunimmt, daß die durch die Erhöhung entstehenden Kosten so bedeutend sind, daß es vortheilhaft ist, diese Höhe nicht zu übersteigen, sondern den Durchmesser dazu erhöhen, sobald man einen höheren Zug hervorbringen will.

Vergleichung zwischen dem mechanischen und physikalischen Zug.

Wir haben weiter oben die Größe der Kraft bestimmt, welche dazu erforderlich ist, um die Verbrennung von 1 Kil. Kohlenstoff durch einen mechanischen Prozeß zu bewirken.

Nehmen wir an, daß die mittlere Temperatur des aus den Feuerkanälen in die Esse strömenden Rauchs 400 Grad C. betragen, und daß die zur Verbrennung von 1 Kil. Kohlenstoff erforderliche Luftmenge 20 Kil. sind, so finden wir, daß, wenn die Wärmecapacität der Luft dieselbe als die des Wassers wäre, die Wärmemenge, welche dazu erforderlich ist, um die Verbrennung von 1 Kil. Kohlenstoff hervorzubringen sein würde:

$$20 \times 400 = 8000 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

da sie aber nur $\frac{1}{4}$ von der des Wassers beträgt, so ist der Verbrauch nur:

$$\frac{8000}{4} = 2000 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

d. h. $\frac{1}{3}$ von der durch das Brennmaterial entwickelten Wärme.

Nun hat man im Durchschnitt in der Stunde und auf die Pferdekraft 4,5 Kil. Steinkohle verbrannt, welcher einer Production von $4{,}5 \times 7000 = 31500$ Wärmeeinheiten entspricht. Da $\frac{1}{3}$ dieser Wärme in die Esse entweicht, so folgt daraus, daß eine Pferdekraft in einer Stunde 20000 Wärmeeinheiten entspricht. Wir folgern daraus, daß die 10000 entwichenen Wärmeeinheiten einer halben Pferdekraft während derselben Zeit entsprechen, d. h. $0{,}5 \times 75 \times 3{,}600 = 1{,}35000$ Kilogrammeter. Wir stellen alsdann das Verhältniß auf:

4,500 Kil. verbrannter Kohlenstoff : 1,35000 Kilogramm. wie = 1 Kil. : x daher x = 30,000 Kilogrammeter.

Wir fanden, daß wenn man den mechanischen Zug durch Blasen hervorbringen, die Verbrennung von 1 Kilogr. Kohlenstoff theoretisch 8200 Kilogramm. koste. Nehmen wir an, daß in praktischer Beziehung die Kosten 15000 betragen, so hat man nur die Hälfte von dem, was der physikalische Zug kostete. Da es aber bei dem mechanischen Zug durch Blasen unmöglich ist, den Rauch bei einer geringeren Temperatur als 150 Grad ausströmen zu lassen, eine Temperatur, die gleich der des Generators ist, so findet dabei ein Verlust statt, welcher den Unterschied der Kosten in beiden Fällen verändert. Wir sind daher der Meinung, daß es immer wenig vortheilhaft sei, das jetzige System des Zuges zu

verändern, sobald man von Ziegelsteinen aufgeführte Essen von wenigstens 10 Meter Höhe anwenden kann.

Verhältnisse der aus Ziegelsteinen aufgeführten Essen.

Es kommen bei einer Esse 5 Hauptgrößen in Betracht, nämlich:

Die Höhe H.
Der innere obere Durchmesser d;
Der innere untere Durchmesser D;
Der obere äußere Durchmesser d';
Der untere äußere Durchmesser D'.

Die Höhe H ist allgemein; der Durchmesser d wird durch die Formel (2) bestimmt.

Es bleiben die Durchmesser d', D, D', welche durch die Erfahrung bestimmt werden. Der Durchmesser d' ist stets gleich dem Durchmesser d, vermehrt durch die Breite eines Ziegelsteines auf jeder Seite, welches giebt:

$$d' = d + 0{,}20 \text{ M.}$$

Die Durchmesser D und D' haben, wie wir sehen werden, große Veränderungen erlitten. Ehemals hielt man für die zweckmäßigsten Dimensionen die folgenden Werthe:

$$D = d + \frac{1}{40} H$$

$$D' = d' + \frac{1}{16} H$$

Jetzt gebraucht man in sehr vielen Fällen die folgenden Werthe:

$$D = d + \frac{1}{60} H$$

$$D' = d' + \frac{1}{37} H$$

Wir wollen zugeben, daß die ersteren Werthe von D und D' den Essen ein etwas schweres Ansehen geben, jedoch finden wir, daß die neuen Werthe, obgleich sie angenehm für das Auge sind, die Festigkeit beeinträchtigen. Die Richtigkeit dieser Meinung geht daraus hervor, daß seit einigen Jahren bei jedem Sturm stets irgend eine Feueresse umstürzt, wodurch Gefahren veranlaßt werden, die man möglichst zu vermeiden suchen muß.

Unserer Meinung nach sind die zweckmäßigsten Werthe für

D und D′ die folgenden, die wir bei mehreren Essen befolgt haben, von denen eine 260 Meter Höhe hatte und einer Maschine von 250 Pferdekräften angehört, nämlich:

$$D = d + \frac{1}{50} H$$

$$D' = d' + \frac{1}{25} H$$

Die metallenen Essen befolgen im Allgemeinen dieselbe Regel des innern Durchmessers. $D = d \frac{1}{50} H$.

Zweites Capitel.

Generatoren oder Kessel.

Die Generatoren oder Dampfkessel sind geschlossene Räume, in denen einestheils die Verwandlung des Wassers in Dampf und anderentheils die Anhäufung dieses letzteren zu solchen Mengen stattfindet, die im Verhältniß zum Verbrauch unter einem bestimmten inneren Druck stehen. Zu dem Ende müssen sie Wände haben, die für die wegbaren Flüssigkeiten undurchdringlich sind, die Wärme leiten und einen hinreichenden Widerstand leisten können, so daß der innere Druck weder ihre Form verändern, noch sie zerreißen kann.

Aus diesen verschiedenen Gründen sind die Generatoren metallene Gefäße, deren Formen und Stärken nach der Beschaffenheit des angewendeten Metalles, nach dem inneren Druck, den sie zu ertragen haben und nach der Menge des in einer gegebenen Zeit zu erzeugenden Dampfes verschieden sind.

Ehe wir uns mit den Einzelnheiten der Construction dieser Apparate beschäftigen, wollen wir zuvörderst, wie wir es auch schon bei den Oefen gemacht haben, einige Worte über die Theorie der Verdampfung sagen.

Theorie der Verdampfung.

Die Verdampfung ist der Uebergang des flüssigen in den gasförmigen Zustand. Es wird diese Veränderung des Zustandes der Körper durch zwei Ursachen hervorgebracht, die entweder für sich allein oder gleichzeitig wirken, nämlich Temperaturerhöhung und Druckverminderung. Es folgt daraus, daß je mehr die Temperatur einer Flüssigkeit erhöht wird, je näher dieselbe ihrem Siedpunkte steht; je höher der Druck, um so mehr sie da-

von entfernt ist. Will man daher den Siedepunkt einer Flüssigkeit verzögern, so ist es hinreichend, den Druck zu erhöhen, dem sie unterworfen ist.

Es giebt zwei Mittel zur Verstärkung des Druckes, ein mechanisches, welches in der Verminderung eines durch den Druck gegebenen Volums besteht, und ein physikalisches, welches in der Wärme des gegebenen Volums der Flüssigkeit, in einem vollen oder nicht vollen Gefäße besteht. Im letzteren Falle findet das Kochen unter dem anfänglichen Drucke statt, und da alsdann der producirte Dampf seine Elasticität mit der ursprünglich vorhandenen vereinigt, so wird der Siedepunkt nach und nach verzögert und der Druck nach und nach vermehrt, und zwar bis zu dem Augenblicke, in welchem sich für den Dampf eine Ausströmungsöffnung erschließt, worauf dann sogleich eine Dampfmenge ausströmt, die gleich der in dem Gefäße entstehenden ist; alsdann bleiben Druck und Temperatur constant.

Wenn man in diesem Augenblicke, statt den Dampf in die Luft entweichen zu lassen, ihn durch eine Schlangenröhre circuliren läßt, die hinreichend lang und von einem Gewicht kaltem Wasser umgeben ist, so findet man, daß die Wärmemenge, welche durch ein gegebenes Gewicht dieses Dampfes absorbirt worden, welchen Dampf wir als Wasserdampf annehmen, viel bedeutender als der ist, dessen man zur Erhöhung derselben Gewichtsmenge Wasser zu derselben Temperatur bedarf. Da nun die Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge ist, welche man erfordert, um 1 Kil. Wasser um 1 Grad zu erhöhen, so findet man: daß 1 Kil. Dampf, welcher aus einem geschlossenen Gefäße ausströmt, und zwar unter irgend einem Druck und von irgend einer correspondirenden Temperatur 650 Kil. Wasser um 1 Grad, oder, was dasselbe ist, 1 Kil. Wasser um 650 Grad erwärmen kann.

Diese Wärmemenge, welche das Wasser bei seiner Verwandlung in Dampf absorbirt, und welche keine Einwirkung auf das Thermometer hat, nennt man die latente Wärme.

Man sieht aus dem, was wir über die ganze Wärmemenge von 1 Kil. Dampf gesagt haben, daß die latente Wärme des Dampfes um so bedeutender, je geringer sein Siedepunkt ist. Demnach beträgt für Dampf, der bei 0 Grad hervorgebracht worden, die latente Wärme 650 Wärmeeinheiten auf die Kilogramme; bei 100 Grad beträgt sie 550, denn das Thermometer giebt 100 wahrnehmbare Wärmeeinheiten an; bei 650 Grad ist sie gleich 0 Wärmeeinheiten, da das Thermometer Alles angiebt.

Es folgt daraus, daß bei 650 Grad C. alles in einem Gefäß eingeschlossene Wasser in Dampf verwandelt ist, da alsdann keine Wärme mehr im Gebrauche ist, um diese Verwandlung hervorzubringen. Es rührt dieses Gesetz von Clément Desormer her, und es haben neuere Untersuchungen von Regnault gezeigt, daß es nicht ganz genau sei; allein da es in der Praxis ausreichend ist, so kann man es auch, wenigstens für jetzt, beibehalten.

Man kennt das Gesetz nicht, nach welchem Temperatur und Dampfdruck successiv zunehmen, wenn das in einem Gefäß eingeschlossene Wasser der Einwirkung des Wärmestoffes unterworfen ist. Die französische Akademie beauftragte daher den Physiker Dulong, das Gesetz durch Erfahrungen und durch Versuche zu bestimmen, und Regnault untersucht die Richtigkeit dieser Angaben.

Tabelle der Temperaturen, Volumina und Dichtigkeit des Dampfes bei verschiedenem Druck.

Druck des Dampfes bei seiner Entstehung. In Atmosphären.	In Metern einer Quecksilbersäule.	In Kilogrammen auf ein Quadratmeter.	Temperaturen in Graden des 100theiligen Thermometers, die dem verschiedenen Druck entsprechen.	Volum in Litern von 1 Kilogr. Dampf, unter dem Druck, den seine wirkliche Temperatur angiebt.	Gewicht in Kil. von 1 Kubikmeter Dampf.	Druck des Dampfes bei seiner Entstehung. In Atmosphären.	In Metern einer Quecksilbersäule.	In Kilogrammen auf ein Quadratmeter.	Temperaturen in Graden des 100theiligen Thermometers, die dem verschiedenen Druck entsprechen.	Volum in Litern von 1 Kilogr. Dampf, unter dem Druck, den seine wirkliche Temperatur angiebt.	Gewicht in Kil. von 1 Kubikmeter Dampf.
10,00	7,60	103360	182,00	207,98	4,808	3,75	2,85	38760	142,70	505,15	1,972
9,00	6,84	93020	177,40	228,72	4,373	3,50	2,66	36180	140,35	539,10	1,855
8,00	6,08	82680	172,13	254,27	3,934	3,25	2,47	33600	137,70	576,83	1,734
7,00	5,32	72350	166,42	286,70	3,488	3,00	2,28	31000	135,00	620,74	1,611
6,75	5,13	69770	164,84	296,35	3,374	2,75	2,09	28420	132,15	672,36	1,487
6,50	4,94	67190	163,25	306,62	3,261	2,50	1,90	25840	128,85	733,45	1,363
6,25	4,75	64610	161,54	317,58	3,149	2,25	1,71	23260	125,50	808,00	1,238
6,00	4,56	62010	160,00	329,65	3,033	2,00	1,52	20670	121,55	899,91	1,111
5,75	4,37	59430	158,30	342,76	2,917	1,75	1,33	18090	117,10	1016,66	0,984
5,50	4,18	56850	156,70	356,86	2,802	1,50	1,14	15510	112,40	1171,59	0,854
5,25	3,99	53270	155,00	372.32	2,690	1,25	0,95	12930	106,60	1384,36	0,722
5,00	3,80	51680	153,30	389,38	2,568	1,00	0,76	10340	100,00	1700,00	0,588
4,75	3,61	49100	151,15	406,76	2,457	0,75	0,57	7760	92,00	2217,20	0,451
4,50	3,42	46520	149,15	428,36	2,334	0,50	0,38	5180	82,00	3220,36	0,310
4,25	3,23	43940	146,76	450,96	2,217	0,25	0,19	2600	66,00	6198,38	0,161
4,00	3,04	41340	144,95	477,05	2,096						

Die beiden letzteren Colonnen der vorstehenden Tabelle sind mittelst der ersteren berechnet, indem man weiß, daß bei 100 Grad C. und unter einem Druck von 0,76 M. Quecksilber ein Kil. Dampf 1700 Liter Wasser giebt. Da die Ausdehnung der Dämpfe ganz dieselbe im Allgemeinen wie die der Gase ist, so erhält man das Volum von 1 Kil. bei irgend einem entsprechenden Druck und Temperatur, indem man setzt:

$$V' = V \frac{h}{h'} \times \frac{1 + 0{,}00366\ t'}{1 + 0{,}00366\ t}$$

und indem man in dieser Gleichung macht:

$$V = 1700,\ h = 0{,}76,\ t = 100^0$$

welches giebt: $$V' = 1700 \frac{0{,}76}{h'} \times \frac{1 + 0{,}00366\ t'}{1{,}366}$$

Kennt man nun das Volum V′ des Dampfes von 1 Kil. Wasser, für einen Druck h′ und eine Temperatur t′, so erhält man das Gewicht des Kubikmeters, indem man 1000 Kil. durch das Volum in Kubikmetern, welches diesem Gewicht bei bestimmten Temperaturen und Druck entspricht, dividirt.

1. Grundsätze, welche sich auf die Zusammensetzung der Dampfkessel beziehen.

§. 1. Von den Metallen, die vorzugsweise zur Verfertigung der Dampfkessel angewendet werden.

Von allen Metallen werden nur drei zur Construction der Dampfkessel benutzt, nämlich: Gußeisen, Eisenblech und Kupferblech. Messingblech ist bis jetzt nur zu Röhren angewendet worden, wie wir weiter unten näher sehen werden.

Gußeiserne Kessel. In den ersten Zeiten der allgemeineren Benutzung der Dampfmaschinen, als die Kesselschmiederei noch in ihrer Kindheit war, hatte es einige Schwierigkeiten, so starkes Blech, wie es die Kessel erfordern, gehörig zu bearbeiten; im Eisenguß waren sie dagegen leichter auszuführen, indem die Kunst der Eisengießerei damals schon bedeutende Fortschritte gemacht hatte. Die Folge davon war, daß man mehrere Jahre hindurch viele gußeiserne Dampfkessel construirte. Es hatten diese Kessel, die man später gänzlich aufgab, mehrere Vortheile: sie ließen sich leicht anfertigen, sie waren gleichartiger als die anderen, verbrannten nicht, waren vollkommen gute Wärmeleiter; aber sie waren wegen ihrer ungleichartigen Ausdehnung dem Zerspringen

unterworfen, und man konnte nie auf einen regelmäßigen Betrieb rechnen, oder mußte wenigstens mehrere Reservekessel haben.

Zu Paris giebt es noch einige gußeiserne Kessel, die seit 20 bis 25 Jahren im Betriebe stehen und die jährliche Probe mit fünffachem Wasserdruck sehr leicht aushalten, welche Probe durch das Gesetz vom 22. Mai 1843 jährlich gemacht werden muß.

Man hat daher folgern zu dürfen geglaubt, daß ein Kessel von gutem Gußeisen, der nach dem Abguß langsam erkaltet, ja selbst wie das Krystallglas wieder ausgeglüht worden ist, und der von einem aufmerksamen Heizer bedient wird, eben so gut sei, als jeder blechene. Wirklich findet bei dem zu Kesseln benutzten Gußeisen dasselbe statt wie bei dem Glase und dem Thon, aus denen die Hausgeräthe bestehen; so lange sie nicht zerbrochen werden, sind sie so gut wie neu. Wir sind daher der Meinung, daß man sich viel zu sehr beeilt habe, dieses System der Dampfkessel-Construction aufzugeben, und vielleicht kommt es heutiges Tages wieder in Aufnahme, wenigstens in den Fällen, wo das Gewicht gleichgültig ist.

Die Dampfkessel von Eisenblech sind freilich nicht so fest als die von Kupferblech, allein sie werden fast ausschließlich angewendet, da ihre Anschaffung bei weitem weniger Kosten verursacht, als die kupfernen. Früher brauchte man zu ihrer Verfertigung nur das beste Blech und die Kilogr. kostete 1,50 Fr., jetzt verwendet man dazu alle Blechsorten, und die Arbeitslöhne haben sich so vermindert, daß man die Kilogr. mit 0,80, ja selbst mit 0,76 Fr. ankauft; ist das Blech erster Qualität, so kann der Ankaufspreis bis auf 1,20 Fr. die Kilogr. steigen; das ist aber auch das Maximum. In den guten Kesselschmiedereien werden diejenigen Theile des Kessels, welche nicht unmittelbar der Einwirkung des Feuers ausgesetzt sind, aus Blech angefertigt, dessen Materialeisen mit Holzkohlen producirt worden ist. Kessel dieser Art kosten durchschnittlich 1 Fr. die Kilogr.

Der größte Fehler, den Kesselblech haben kann, besteht darin, daß es sich spaltet oder aufblättert oder sogenannte Schiefern hat, und diese Fehler finden sich so gut bei dem besten als bei dem schlechtesten Blech, da sie von weit weniger Sorgfalt beim Schweißen und Walzen herrühren, hauptsächlich daher, wenn die Tafeln so groß und schwer sind, daß sie aus mehreren Stürzen ausgewalzt werden müssen, und wenn diese die gehörige Schweißhitze nicht bekommen haben.

Außer diesen Schiefern zeigen diejenigen Theile des Kessels,

auf welche das Feuer unmittelbar einwirkt, Risse, sowohl der Länge als auch der Quere nach, wodurch Wasser entweicht und in den Herd läuft, so daß, wenn die Risse weit sind, die schadhaften Blechtafeln sofort ausgewechselt werden müssen, welches eine mit vielen Schwierigkeiten verbundene Arbeit ist. Es sind zwar diese Risse im Allgemeinen ein Zeichen von einer schlechten Beschaffenheit des angewendeten Bleches, jedoch können sie auch hin und wieder bei sehr gutem Blech vorkommen. Ihr Erscheinen wird zuweilen durch die Niederschläge im Innern des Kessels durch den sogenannten Kesselstein beschleunigt, der das Durchdringen der Wärme verzögert oder ein Verbrennen des Eisens veranlaßt. Jedoch muß man nicht denken, daß der Kesselstein die Risse hervorbringen könnte, sondern sie müssen immer versteckt im Innern der Tafel vorhanden sein; denn in den gewöhnlichen Fällen löſ't sich das verbrannte Eisen in Schuppen ab, reißt aber nicht.

Die Kessel von Kupferblech. Das Kupfer ist vorzugsweise zu Dampfkesseln, so wie überhaupt zu allen Gegenständen in der Kesselschlägerei anwendbar. Es ist ein trefflicher Wärmeleiter, oxydirt sich nicht so schnell, und ist weit gleichartiger als Eisenblech, so daß Reparaturen weit seltener sind. Unglücklicherweise ist es so theuer, daß man es nur zu den Locomotivkesseln verwenden kann; auch die französische Marine hat einige kupferne Dampfkessel. Ist die Anzahl dieser letztern gering, so geschieht es nicht aus Sparsamkeit, daß man den eisenblechenen den Vorzug giebt, da dieselben eine weit geringere Dauer als die kupfernen haben, allein, wenn im Kriege ein solches Schiff genommen wird, so ist sein Verlust viel bedeutender. Man kann sich davon einen Begriff machen, wenn man bedenkt, daß die Kessel eines Kriegsdampfers von 450 Pferdekräften, die 110,000 Kilogr. wiegen, von Eisenblech 100,000 Fr. und von Kupferblech 300,000 Fr. kosten, welches also einen Kostenunterschied von 200,000 Fr. macht.

§. 2. Von dem Dampfdruck in den Kesseln.

Anfänglich waren alle Dampfkessel von niedrigem Druck, d. h. der innere Druck überstieg den äußern um höchstens ½ Atmosphäre. Jetzt wendet man nur selten Niederdruckkessel an, ja man giebt sogar immer mehr und mehr die Kessel von sogenanntem mittleren Druck auf, in denen der innere Druck 1,5 bis 3 Atmosphären beträgt. Dagegen kommen die Hochdruck-Kessel immer mehr und mehr in Anwendung; in denselben beträgt der innere Druck mindestens 4 Atmosphären, er hebt sich aber

auch bis auf 7, welche Zahl selten überstiegen wird. Von 100 Hochdruck-Kesseln, die man anfertigt, werden etwa 15 auf 4 Atmosphären, 60 auf 5 Atmosphären, 24 auf 6 und nur 1 auf 7 Atmosphären probirt; letztere werden gewöhnlich nur bei Dampfschiffen angewendet.

§. 3. Von den Eigenschaften des Dampfes, der in einer gegebenen Zeit erzeugt worden ist, und einer gegebenen Oberfläche des Kessels entspricht.

Heizoberfläche eines Kessels nennt man denjenigen Theil seiner ganzen Oberfläche, der mit dem Herde und den Kanälen in Berührung steht, durch welche der Rauch circulirt, um in die Esse zu strömen.

Ein allgemeines physikalisches Gesetz sagt: daß, wenn eine Tafel von gleichartiger Substanz mittelst ihrer beiden Oberflächen in Berührung mit Mitteln steht, die eine verschiedene Temperatur haben, die durch diese Tafeln dringenden Wärmemengen proportional den Naturdifferenzen der entgegengesetzten Mittel sind und im umgekehrten Verhältniß zu der Stärke des Bleches stehen.

Es folgt aus diesem Gesetz, daß, da alles in einem Kessel enthaltene Wasser von gleicher Temperatur angesehen werden kann, mag man dieselbe untersuchen, wo man will, und daß, da die aus dem Herde ausströmenden heißen Gase, an den Kessel nach und nach einen Theil ihrer Wärme abtreten, in dem Maße, daß sie sich der Esse nähern, die Temperaturdifferenzen des Wassers im Kessel und des Rauchs nach und nach vom Herde bis zu dem Ende der Kanäle abnehmen, und die Wärmemengen, die durch gleiche Ausdehnungen der Heizoberfläche gehen, um so geringer sind, je entfernter die Oberflächen von dem Herde liegen.

Man hat Versuche angestellt, um die Wärmemenge zu bestimmen, die in einer Stunde durch 1 Quadratmet. Oberfläche gehen, welcher einerseits mit den Wasser, und andererseits mit den Gasen, die sich aus dem Herde entwickeln, in Berührung stehen.

Nach Christian kann ein Quadratm. Gußeisen, welches der heftigsten Flamme ausgesetzt ist, in der Stunde 100 Kil. Dampf produciren.

Nach Clément Désormes fand dasselbe Resultat mit einem Kessel statt, der aus Kupferblech von 3 Millimet. Stärke bestand und sich übrigens in gleichen Umständen befand.

Es folgt daraus, daß man im Allgemeinen annehmen darf,

daß die Dampfmenge, welche in der Stunde auf ein Quadratmeter directer Heizoberfläche, d. h. solcher, die in unmittelbarer Berührung mit der Herdflamme steht, ungefähr 100 Kil. beträgt. Für die Locomotive haben wir durch Berechnung 90 Kil. gefunden. Es ist wahrscheinlich, daß die letztere Zahl wichtiger als die erstere ist; wir bemerken auch, daß für Kessel mit äußerm Herde und mit Steinkohlenfeuerung, man der Wahrheit weit näher kommen würde, wenn man 80 Kil. annehmen wollte; es hat auch nichts Nachtheiliges, weniger oder mehr Brennmaterial annehmen zu wollen.

Ueber den mit den Kanälen in Berührung stehenden Theil der Kesseloberfläche hat man keine bestimmten Erfahrungen. Stephenson fand bei den Locomotiven die Leitbarkeit dieser Oberfläche gleich einem Drittel der directen, d. h. 30 Kil. auf das Quadratmeter. Aus andern Versuchen mit gewöhnlichem Kessel geht hervor, daß, mit Inbegriff der directen Oberfläche, die durchschnittliche Dampfmenge, die von einem Quadratmeter Heizoberfläche hervorgebracht worden ist, zwischen 15 und 20 Kil. schwankt, wobei der Rauch mit einer Temperatur von 300 Grad in die Esse einströmt.

Endlich haben wir 61 von den interessantesten Versuchen des Hrn. Cavé in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt.

Uebersichtliche Tabelle von den Versuchen des Hrn. Cavé mit Dampfkesseln mit und ohne Sieveröhren.

Rost-oberfläche in Quadratdecimetern.	Heizoberfläche in Quadratmetern.	Verhältniß zwischen Rost- und Heizoberfläche.	Art der Speisung.	Quantität der Steinkohlen in Kil., welche in der Stunde verbrannt werden. In Summa.	Auf das Quadratdecimeter der Rostoberfläche.	Auf das Quadratmeter der Heizoberfläche.	Producirte Dampfmengen in Kil. In der Stunde und In Summa.	Auf das Quadratmeter Heizoberfläche.	Auf eine Kil. der verbrannten Steinkohlen.	Beschaffenheit des Brennmaterials.
Kessel ohne Sieveröhren, mit rückgehender Flamme (Taf. XVIII., Fig. 3).										
165	12,50	1 bis 7,6	Kaltes Wasser.	39,50	0,24	3,16	307,00	24,60	7,79	Kl. Stückk. v. Denain.
165	12,50	1 = 7,6	desgl.	39,50	0,24	3,16	345,00	27,65	8,72	desgl.
165	12,50	1 = 7,6	desgl.	39,50	0,24	3,16	306,00	24,50	7,75	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	39,50	0,48	3,16	306,00	24,50	7,75	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	39,50	0,48	3,16	297,00	23,80	7,55	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	39,50	0,48	3,16	305,00	24,40	7,71	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	31,80	0,39	2,55	205,00	16,40	6,45	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	57,25	0,70	4,60	360,00	28,80	6,30	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	Vorgewärmt.	39,50	0,48	3,16	308,00	24,70	7,80	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	31,80	0,39	2,55	236,00	18,90	7,42	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	39,50	0,48	3,16	300,00	24,00	7,60	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	39,50	0,48	3,15	273,00	21,90	6,90	desgl.
66	12,50	1 = 19,0	desgl.	39,50	0,60	3,16	285,00	22,80	7,20	Gr. Stückk. v. Denain.
66	12,50	1 = 19,0	desgl.	37,00	0,56	2,96	309,00	24,75	8,35	Kl. Stückk. v. —
66	12,50	1 = 19,0	desgl.	39,50	0,60	3,16	263,00	21,10	6,62	Durchgesiebte Staubk.
66	12,50	1 = 19,0	desgl.	39,50	0,60	3,16	304,00	24,30	7,70	Unreine kl. Stückkohl.
66	12,50	1 = 19,0	desgl.	39,50	0,60	3,16	250,00	20,00	6,32	Desgl. durchgesiebt.
66	12,50	1 = 19,0	desgl.	37,30	0,57	2,98	312,00	25,00	8,32	Kl. Stückk. v. Denain.

Uebersichtliche Tabelle von den Versuchen des Hrn. Cavé mit Dampfkesseln mit und ohne Siederöhren.

Rost-oberfläche in Quadratdecimetern.	Heizoberfläche in Quadratmetern.	Verhältniß zwischen Rost- und Heizoberfläche.	Art der Speisung.	Quantität der Steinkohlen in Kil., welche in der Stunde verbrannt werden. In Summa.	Auf das Quadratdecimeter der Rostoberfläche.	Auf das Quadratmeter der Heizoberfläche.	Producirte Dampfmengen in Kil. In der Stunde und In Summa.	Auf das Quadratmeter Heizoberfläche.	Auf eine Kil. der verbrannten Steinkohlen.	Beschaffenheit des Brennmaterials.
Kessel ohne Siederöhren, mit rückgehender Flamme (Fortsetzung).										
82	12,50	1 bis 15,2	Vorgewärmt.	44,50	0,53	3,56	291,00	23,30	6,55	Kl. Stückk. v. Denain.
82	12.50	1 = 15,2	desgl.	38,60	0,47	3,10	266,00	21,30	6,90	desgl.
82	12,50	1 = 15,3	desgl.	38,20	0,46	3,06	264,00	21,30	6,90	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	38,20	0,46	3,06	253,00	20,30	6,62	Kohlen aller Art.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	37,60	0,46	3,02	258,00	20,70	6,85	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	44,50	0,54	3,56	264,00	21,10	5,92	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	44,50	0,54	3,56	263,00	21,00	5,90	desgl.
Kessel ohne Siederöhren, ohne rückgehende Flamme.										
82	12,50	1 bis 15,2	Kaltes Wasser.	60,00	0,73	4,80	340,00	27,20	5,68	Fast reine Kohle von St. Etienne.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	60,00	0,73	4,80	337,00	27,00	5,60	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	66,00	0,81	5,30	344,00	27,50	5,20	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	66,00	0,81	5,30	376,00	30,00	5,70	desgl.
82	12,50	1 = 15,2	desgl.	66,00	0,81	5,30	387,00	31,00	5,86	desgl.
165	12,50	1 = 7,6	desgl.	72,10	0,44	5,80	435,00	34,80	6,00	desgl.
165	12,50	1 = 7,6	desgl.	72,10	0,44	5,80	445,00	35,60	6,17	desgl.

Kessel ohne Siederöhren, ohne rückgehende Flamme (Fortsetzung).									
165	12,50	1 bis 7,6	Kaltes Wasser.	72,10	0,44	5,80	464,00	37,00	6,41	Fast reine Kohle von St. Etienne.
165	12,50	1 = 7,6	desgl.	72,10	0,44	5,80	464,00	37,00	6,41	desgl.
165	12,50	1 = 7,6	desgl.	72,10	0,44	5,80	462,00	36,90	6,40	desgl.
Kessel mit zwei Siederöhren, mit einem rückgehenden Kanal (Taf. XVIII., Fig. 6).									
165	32,18	1 bis 19,5	Kaltes Wasser.	39,50	0,24	1,20	282,00	8,60	7,12	Kl. Stückk. v. Denain.
165	32,18	1 = 19,5	desgl.	39,50	0,24	1,20	299,00	9,10	7,59	desgl.
165	32,18	1 = 19,5	desgl.	39,50	0,24	1,20	300,00	9,12	7,60	desgl.
165	32,18	1 = 19,5	Vorgewärmt.	39,50	0,24	1,20	273,00	8,30	6,90	desgl.
165	32,18	1 = 19,5	desgl.	57,20	0,35	1,75	391,00	11,95	6,82	desgl.
Kessel mit zwei Siederöhren, ohne rückgehende Flamme.									
165	21,36	1 bis 12,9	Kalt. Wasser.	64,00	0,39	3,00	440,00	21,07	6,90	Gemenge aller Kohlensorten von Etienne und Denain.
165	21,36	1 = 12,9	desgl.	64,00	0,39	3,00	440,00	21,07	6,90	
165	21,36	1 = 12,9	desgl.	58,10	0,35	2,74	425,00	19,90	7,30	
82	21,36	1 = 26,0	desgl.	64,00	0,78	3,00	373,00	17,50	5,82	desgl.
82	21,36	1 = 26,0	desgl.	61,80	0,75	2,90	373,00	17,50	6,02	desgl.
82	21,36	1 = 26,0	drsgl.	46,50	0,57	2,18	295,00	13,85	6,35	desgl.
82	21,36	1 = 26,0	desgl.	46,50	0,57	2,18	286,00	13,40	6,18	desgl.
82	21,36	1 = 26,0	desgl.	42,80	0,52	2'01	244,00	11,42	5,70	desgl.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	436,00	20,50	6,02	desgl.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	435,00	20,40	6,00	desgl.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	469,00	22,10	6,50	desgl.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	464,00	21,80	6,40	desgl.
Kessel mit zwei Siederöhren, mit auf beiden Seiten zurückgehender Flamme (Taf. XVIII., Fig. 6).									
165	21,36	1 bis 13,0	Vorgewärmt.	72,20	0,44	3,40	445,00	20,90	6,15	Gemenge von Denain.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	455,00	21,40	6,30	desgl.

Uebersichtliche Tabelle von den Versuchen des Hrn. Cavé mit Dampfkesseln mit und ohne Sieder̈öhren.

Rost-oberfläche in Quadratdecimetern.	Heizoberfläche in Quadratmetern.	Verhältniß zwischen Rost- und Heizoberfläche.	Art der Speisung.	Quantität der Steinkohlen in Kil., welche in der Stunde verbrannt werden.			Producirte Dampfmengen in Kil.			Beschaffenheit des Brennmaterials.
				In Summa.	Auf das Quadratdecimeter der Rostoberfläche.	Auf das Quadratmeter der Heizoberfläche.	In der Stunde und In Summa.	In der Stunde und Auf das Quadratmeter Heizoberfläche.	Auf eine Kil. der verbrannten Steinkohlen.	
Kessel mit zwei Sieder̈öhren mit auf beiden Seiten zurückgehender Flamme (Fortsetzung).										
165	21,36	1 bis 13,0	Vorgewärmt.	72,20	0,44	3,40	488,00	22,80	6,72	Kl. Stückk. v. Denain.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	490,00	23,00	6,78	desgl.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	436,00	20,50	6,02	Kl. Stückk. v. Commentry.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	440,00	20,70	6,10	
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	452,00	21,25	6,27	desgl.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	72,20	0,44	3,40	455,00	21,40	6,30	desgl.
165	21,36	1 = 13,0	desgl.	73,00	0,44	3,40	475,00	22,30	6,59	desgl.

Es folgt aus dieser Tabelle, daß die mittlere Dampfmenge, welche auf das Quadratmeter der ganzen Heizoberfläche und in der Stunde hervorgebracht worden ist, 22,25 Kil. beträgt.

Wir sahen weiter oben, daß die der stärksten Wasserverdampfung, welche 1 Kil. Steinkohlen hervorbringen kann, entsprechende Verhältnisse sind:

Verbrauch von Steinkohlen auf das Quadratdecimeter Rostoberfläche 0,4 Kil., es verhält sich:

die Rostoberfläche : Heizoberfläche = 1 : 17.

In welchem Fall die mittlere Menge des von 1 Kil. Steinkohle verdampften Wassers 8 Kil. beträgt.

In diesem Fall ist die Dampfmenge, welche auf 1 Quadratmeter Heizoberfläche und in der Stunde hervorgebracht wird:

$$\frac{0{,}4 \times 8 \times 100}{17} = 18{,}80 \text{ Kil.}$$

Es folgt daraus, daß, wie wir schon bemerkt, die eisernen Kessel eine hinlänglich große Heizoberfläche haben müssen, damit dieselben höchstens 19 Kil. Dampf in der Stunde und auf das Quadratmeter der ganzen Heizoberfläche correspondirt.

2. Die den Dampfkesseln zu ertheilenden Formen.

Die Form der Kessel hängen von zwei Dingen ab, nämlich von dem innern Druck und von der Art der Feuerung.

Druck. Erzeugen die Kessel nur Niederdruck-Dämpfe, so kann man ihnen ohne Nachtheil jedwede Form geben; demnach ist es sehr zweckmäßig, den Fall zu berücksichtigen, in welchem in Folge irgend eines Umstandes der Druck plötzlich erhöht werden könnte, welches auch Einfluß auf die anzunehmende Form hat, indem man von dem Gesichtspunkte ausgehen muß, ihnen den größtmöglichsten Widerstand zu geben.

Arbeiten die Kessel mit mittlerem Druck, so ist es zweckmäßig, ihnen solche Formen zu geben, die so wenig als möglich verändert werden können, weder durch äußern noch innern Druck, und zu dem Ende muß man ihnen kreisrunde Durchschnitte geben, oder sie zu zweien verbinden, oder ihnen sonst eine Form zu geben, die dem Druck widerstehen kann.

Hochdruckkessel müssen ausschließlich kreisrund sein, und es dürfen die nach auswärts gedrückten runden Theile keinen zu großen Durchmesser haben, denn bei der geringsten Ovale biegen sie sich bei der Probe mit der Druckpumpe. Es läßt sich dies aus folgenden Thatsachen folgern.

Einer unserer geschicktesten Kesselschmiede ersuchte uns, einer Probe mit der Wasserpresse beizuwohnen, die mit einem cylindrischen Kessel von 7 Met. Länge mit platten Enden, angestellt werden sollte. Durch den Kessel gingen 7 Röhren von 20 Centimeter Durchmesser und von 4 Millimet. Metallstärke; der Kessel sollte mit $3\frac{1}{2}$ Atmosphäre Dampf arbeiten.

Da die Röhren mehr als 6 Centimeter Durchmesser hatten, welches das Maximum der Locomotivkessel ist, so fand die Probe unter einem dreifachen Druck statt, d. h. $3 \times 2{,}5 = 7{,}5$ Atmosphäre.

In dem Augenblick, in welchem sich die Ventile hoben, nahm man einen Stoß wahr, und es war dies eine Röhre, welche sich etwa 1,50 Met. von dem einen Ende entfernt, horizontal abplattete, während alle übrigen widerstanden hatten.

Man sagte uns, daß dies daher rühre, daß diese breitgedrückte Röhre nicht nochmals über einen Dorn gezogen wäre.

Nach drei Tagen wurde eine neue Probe in unserer Gegenwart vorgenommen, und in dem Augenblick, in welchem sich die Ventile erhoben, erfolgte ein neuer Stoß, und es war dieselbe Röhre in 2 Met. Entfernung von dem Ende wiederum in senkrechter Richtung platt gedrückt. Man trieb sie nun nochmals über einen Dorn und bei einer dritten Probe widerstand sie daher.

Aus diesen Thatsachen folgern wir, daß:

1) die runden Röhren nur dann dem äußern Drucke widerstehen, wenn sie vollkommen rund sind, welches aber nur schwer zu erlangen ist.

2) Röhren über 10 Centimeter Durchmesser sehr stark sein müssen, wenn sie sich bei der Probe nicht platt drücken sollen.

Wenn nun aber die ovale Form der Wände für den von außen nach innen wirkenden Druck so nachtheilig ist, so ist dies durchaus nicht der Fall mit dem Druck von Innen nach Außen. Es möge dies die folgende Thatsache beweisen:

Der Dampfkesselfabrikant Decoudun ersuchte uns, der Probe eines Kessels beizuwohnen, der mit 5 Atmosphären Druck arbeiten sollte, elliptisch und senkrecht und mit innerem Herde und Röhren versehen sei.

Die Wände des inneren Feuerkastens und der Röhren hatten folgende Dimensionen:

Länge	1,60 Met.
Längendurchmesser . . .	1,20 "
Querdurchmesser	0,80 "

Der mit dem Mantel nicht verbundene Herd hatte folgende Dimensionen:

Höhe	0,60	Met.
Längendurchmesser	1,00	=
Querdurchmesser	0,60	=

Die Dimensionen der 19 Stück Röhren waren folgende:

Länge	1,00	Met.
Durchmesser	0,09	=

Das Reservoir für den Dampf hatte folgende Dimensionen:

Höhe	1,00	Met.
Längendurchmesser	1,20	=
Querdurchmesser	0,80	=

Die Metallstärken entsprachen der Regierungsordonanz vom 22. Mai 1843. Die Probe wurde unter einem Druck von 12 Atmosphären ausgeführt, und der Apparat erlitt nicht die geringste Bewegung.

Arten der Feuerung. Es giebt 3 Arten der Feuerung für Dampfkessel, nämlich:

Die äußere, die innere und die gemischte Feuerung.

§. 1. Dampfkessel mit äußerer Feuerung.

Wir haben bereits weiter oben gesehen, worin die äußere Feuerung bestehe. Es folgt aus dem dort Gesagten, daß die äußere Oberfläche des Kessels so groß als möglich sein, und so lange als möglich mit den sich aus dem Herde entwickelnden Gasen in Berührung stehen müsse, so lange dies keinen nachtheiligen Einfluß auf den Zug haben kann.

Wenn der Druck dieser Kessel $1\frac{1}{2}$ Atmosphäre nicht übersteigt, so kann man ihnen jede Form geben, die in Beziehung auf die größte Wärmestoff-Absorbtion, so wie in Beziehung auf ihre Benutzung die zweckmäßigste ist. Unter den verschiedenen Formen, die nach und nach für die Niederdruck-Dampfkessel erfunden, sind die von dem berühmten Watt erfundenen, sogenannten Wagen- oder Kofferkessel gewissermaßen ausschließlich in allen Ländern angewendet worden, in denen es Dampfkessel gab.

Der Watt'sche Kessel, Fig. 1 und 2, Taf. XVIII., besteht aus einem horizontalen Cylinder mit platten Enden, dessen leitende oder bestimmende Linie eine aus 4 Bögen bestehende Kurbe, von denen 3 nach außerhalb zu concav und eine convex ist, und von denen die convexen zwei Kantenwinkel bilden, die mehr oder weniger rund sind. Auf den beiden Kanten, die von diesen Winkeln gebildet werden, ruht der Kessel in dem Ofen. Die 3

concaven Flächen bilden die Heizoberfläche, und sie kommen daher nach und nach mit den sich entwickelnden Gasen in Berührung. Diese concave Form dient zur Vergrößerung der Kanaldurchschnitte, weniger zur Divergirung der Wärmestrahlen im Innern. Die convexe Wand bildet die Umgebung für den Dampfbehälter, welcher bei dem Druck, mit dem diese Kessel arbeiten, sehr groß sein muß, wenn man einen regelmäßigen Betrieb der Maschine erlangen will.

Wenn der Druck in den von außen gefeuerten Kesseln mehr als zwei Atmosphären beträgt, so wendet man ausschließlich die cylindrische Form mit kreisförmiger Basis an.

Die eigentlichen Hochdruckkessel bestehen entweder aus einem einzigen Cylinder (Fig. 3) mit zwei flachen, oder wenig gekrümmten, oder halbkugelförmigen Enden, und es dienen alsdann diese Kessel zu gleicher Zeit als Wasser- und als Dampfbehälter; oder die Kessel bestehen aus mehreren Cylindern, von denen der größere, der eigentliche Kessel, stets zur Aufnahme von Wasser und von Dampf dient, und die übrigen, die sogenannten Siederöhren, von denen jede für sich mit dem Kessel durch verschiedenartig geformte Hälse in Verbindung steht, nur Wasser aufnimmt. Die Anzahl der Siederöhren beträgt 1, häufiger 2 und selten 3 oder mehrere (Fig. 4).

Der Zweck der Siederöhren ist Vergrößerung der Heizoberfläche, ohne Vergrößerung des Durchmessers oder der Länge des Kessels.

Sie sind stets unter dem Kessel angebracht, einestheils, damit sich der Dampf in dem Maß, in dem er producirt wird, in den letztern begebe, und anderntheils, damit nie Wassermangel darin entstehe, so lange dasselbe noch in dem Kessel vorhanden ist.

Es giebt mehrere Arten, wie die Kessel mit Siederöhren in den Oefen angebracht werden, nämlich:

Die erstere, welche vorzugsweise bei kleineren Apparaten befolgt wird, besteht darin, die Siederöhren etwas entfernt von dem Kessel zu halten und sie einander möglichst zu nähern, und alsdann den Raum im Ofen in zwei Abtheilungen durch ein leichtes Ziegelsteingewölbe zu theilen, welches zum Theil auf den Siederöhren und zum Theil auf den Seitenwänden ruht. In diesem Fall besteht die Heizoberfläche, welche mit den Gasen, ehe sie aus dem Herde weichen, in Berührung steht, ungefähr aus der Hälfte von der ganzen Oberfläche der Siederöhren.

Die zweite Abtheilung besteht aus zwei Theilen, zwischen de-

nen ein dünner Ziegelsteinscheider, der ganzen Länge des Kessels nach, befindlich ist. Die eine von diesen Unterabtheilungen nimmt die Gase auf, welche unter den Sieteröhren circulirt haben, und führt sie der zweiten zu, die mit der Esse in Verbindung steht.

Die zweite Einrichtung (Fig. 5), die vorzugsweise bei großen Kesseln angewendet wird, besteht darin, die Sieteröhren möglichst weit von dem Kessel und von einander entfernt zu halten, und die Trennung der beiden übereinander liegenden Abtheilungen durch ein Gewölbe zu bewirken, dessen Schluß den Kessel seiner ganzen Länge nach berührt.

In diesem Fall ist die Circulation ganz dieselbe wie die vorhergehende; nur besteht die mit den Gasen bei ihrem Entweichen aus dem Herde in Berührung stehende Heizoberfläche aus der ganzen Oberfläche beider Sieteröhren, und es ist in diesem Fall die durch Strahlen mitgetheilte Wärme viel bedeutender, als im vorhergehenden Falle.

Die beiden hier beschriebenen Einrichtungen gewähren den großen Vortheil, daß nur die Sieteröhren der unmittelbaren Einwirkung des Brennmaterials ausgesetzt sind; es folgt daraus, daß der eigentliche Kessel der Verbrennung gar nicht unterworfen ist, und das ist ein sehr wichtiger Punkt, denn wenn die Sieteröhren verbrannt sind und weggenommen werden müssen, so ist dies im Allgemeinen leicht, während fast der ganze Ofen abgebrochen werden muß, wenn der Kessel herausgenommen werden soll.

Dennoch giebt es einige Maschinenbauer, welche ihre Kessel mit den Sieteröhren fest verbinden, wie z. B. Cavé bei der in Fig. 6 im Durchschnitt dargestellten Einrichtung. Auch liegen die Sieteröhren weit genug von einander, daß der Kesselboden selbst einen Theil der strahlenden Wärme aus dem Herde aufnehmen kann. Diese Einrichtung hat den Zweck, die Heizoberfläche, welche die obere Wand des unteren Feuerkanales bildet, möglichst zu vergrößern; auch bedarf man des Gewölbes nicht.

Dennoch zweifeln wir, daß diese Einrichtung mehr Vortheile als die vorhergehende gewährt, denn während ein Theil von dem Kessel selbst der Herdflamme ausgesetzt ist, bildet nur ein Theil der Sieteröhren-Oberfläche eine wirkliche Heizoberfläche.

Die senkrechten oder geneigten Röhren zwischen Kessel und Sieteröhren werden auf verschiedenartige Weise construirt: Entweder sind es mehr oder weniger lange Cylinder von Blech (Fig. 4 und 5), welche sowohl mit dem Kessel als auch mit den Sieteröhren durch Vernietung verbunden sind; oder sie bestehen aus

zwei Theilen (Fig. 7), von denen das eine am Kessel und das andere an der Sieideröhre befestigt ist, und die in einander treten und mit Gußeisenkitt verdichtet sind. Bolzen und Schraubenmuttern (Fig. 8 und 9) halten Kessel und Sieideröhren in gehöriger Entfernung von einander. Es ist diese Einrichtung deßhalb sehr bequem, weil man die Sieideröhren leicht wegnehmen kann.

Liegen Kessel und Sieideröhren einander sehr nahe, so wird die in den Fig. 10, 11 und 12 dargestellte Art der Verbindung angewendet, indem die Verbindungsstücke mit dem Kessel durch Schraubenbolzen und mit der Sieideröhre durch Nieten verbunden werden, so daß die Wegnahme der letzteren ebenfalls keine Schwierigkeiten hat. Die Fig. 1, 2, 3, 4 (Taf. XIX.) stellen zwei cylindrische Kessel, jeder mit zwei Sieideröhren und mit den erforderlichen Sicherheitsapparaten in allen Details dar. Der Kessel ist von dem französischen Kesselfabrikanten Tamizier angefertigt, und ist in der Färberei von Francillon zu Puteaux im Betriebe. Wir müssen diesen Kessel als ein sehr gutes Beispiel und ihren Verfertiger als einen der besten Kesselschmiede in Paris erwähnen.

So wie wir sehen, ist nicht allein der untere Kanal gewölbt, sondern es sind dies auch die Seitenwände der Kanäle um den Kessel, wodurch zwar etwas mehr Kosten verursacht werden, aber auch eine bei weitem bessere Wärmemittheilung stattfindet.

Die Auffaugung des Dampfes C besteht aus einem ersten gußeisernen Recipienten, der mittelst eines Schraubenventils von großem Durchmesser mit dem Kessel in Verbindung steht, so daß diese Verbindung hergestellt und unterbrochen werden kann.

Auf dem Recipienten sind 4 Hähne angebracht, welche symmetrisch mit denen des benachbarten Kessels verbunden, den Dampf nach den vier verschiedenen Punkten der Fabrik führen, wo man seiner bedarf. Man kann auf diese Weise das Ausströmen des Dampfes entweder augenblicklich, oder nach und nach verhindern; und wenn das Schraubenventil verschlossen ist, so kann man nach Einstellung der Arbeit in der Fabrik die Hähne reinigen, schmieren und verdichten, wenn es erforderlich ist, ohne deßhalb Dampf entweichen zu lassen.

Unter den Hähnen sind Gefäße von Kupferblech angebracht, welche die Wassertropfen von den verdichteten Dämpfen aufnehmen, die ungeachtet aller Sorgfalt stets durch die Fugen durchsickern und dem Kessel nachtheilig werden. Aus diesen flachen Gefäßen kann das verdichtete Wasser nach außen abgeleitet wer-

den. D ist ein Alarmschwimmer, der den Kesseln von Tamizier eigenthümlich ist.

Es sind diese Kessel so eingerichtet, daß sie sowohl durch die Dampfmaschine als auch durch das zurücklaufende Wasser gespeist werden können.

Dieser Theil des Apparates ist durch eine sehr zweckmäßige Einrichtung bemerkenswerth. Wenn die Kessel durch die Maschine gespeist werden und hinlänglich voll sind, so muß man die Einlaßhähne schließen. Allein das unter diesen Hähnen eingeschlossene Wasser erhitzt und verdampft sich alsdann; die Hähne werden alsdann auch erhitzt und der Dampf dringt in die Büchsen. Um einestheils die abwechselnden Einflüsse des warmen und des kalten Wassers auf die Hähne und anderntheils die Berührung des Dampfes mit ihren Schlüsseln zu vermeiden, hat Hr. Tamizier eine jede von seinen Speiseröhren mit einem weiten Ventil nach seinem System versehen, welches sich von innen nach außen öffnet, so daß die Hähne stets in kaltem Wasser befindlich sind und auch leicht untersucht werden können.

Statt daß nun die Speisewasser unmittelbar in den Kessel fallen, gehen sie mittelst einer Röhre, die mit unendlich vielen kleinen Löchern versehen ist, in die Siederöhren.

In E ist eine Entleerungsröhre angebracht, welche dazu dient, den noch mit Dämpfen angefüllten Kessel zu entleeren. Man muß in diesem Falle dahin sehen, das Register zu verschließen, damit der Kessel, wenn er leer ist, nicht plötzlich erkalte, denn es findet alsdann eine ungleiche Schwindung statt, wodurch leicht ein Leckwerden, sobald man ihn wieder füllt, entsteht.

Mittelst der mit Löchern versehenen Röhren, welche zu gleicher Zeit zur Speisung und zur Entleerung dienen, kann man von Zeit zu Zeit den Schlamm herausschaffen, der sich stets in den Sieberöhren findet; es ist dies ein sehr wesentlicher Vortheil dieses Kesselsystems.

§. 2. Kessel mit innerer Feuerung.

Wir sahen weiter oben, daß es drei Arten von Kesseln gäbe, nämlich:

Niederdruck-Kessel, in denen der innere Druck 1,5 Atmosphäre nicht übersteigt.

Kessel mit mittlerem Druck, in denen derselbe 1,5 bis 3 Atmosphären beträgt.

Hochdruck-Kessel, in denen der innere Druck 3 Atmosphären übersteigt.

Diese Grenzlinien finden hauptsächlich dann statt, wenn die Feuerung im Innern der Kessel erfolgt. In diesem Fall giebt es nicht wie in dem Vorhergehenden, eine Form, die speciell und bei jeder Form angewendet wird, sondern es sind die Formen außerordentlich verschieden, je nachdem es örtliche oder andere Verhältnisse erfordern.

Dennoch kann man als allgemeinen Satz aufstellen, daß die Kessel mit innerer Feuerung in 3 verschiedene Arten zerfallen, in: die Kessel mit einfachen Kanälen; die Kessel mit vielfachen Kanälen, sogenannte Röhrenkessel, und den Kessel mit gemischten Kanälen.

Wenn der Druck, mit dem die Kessel arbeiten, 3 Atmosphären nicht übersteigt, so wendet man die drei Arten ohne Unterschied an; nur haben die einfachen Kanäle bei den Mitteldruck-Kesseln stets eine kreisrunde Form, mit Ausnahme einiger specieller Fälle, in denen man, wie wir weiter unten sehen werden, dem Druck entgegenwirken muß.

Wenn der Druck, mit denen die Kessel arbeiten, höher als 3 Atmosphären ist, so wendet man fast nur die der zweiten Art, nämlich die Röhrenkessel an.

Kessel mit einfachen Kanälen.

Diese Kessel sind diejenigen, bei denen sich der aus dem innern Herde entwickelnde Rauch mittelst eines einzigen Kanales, zuweilen auch durch zwei, welche mehr oder weniger durch das zu erwärmende Wasser hin- und hergehen, in die Esse strömen.

Wenn diese Kessel mit Niederdruck arbeiten, so kann der Durchschnitt der Kanäle ein beliebiger sein; bei den Dampfböden, wo man sie 30 Jahre lang fast ausschließlich angewendet hat und sie noch jetzt anwendet, haben die Circulirkanäle einen hinreichend großen Durchmesser, daß sie ein Mensch reinigen kann.

Die Fig. 13, 14 und 15, Taf. XVIII., stellen ein Kesselsystem dieser Art dar. Wie man sieht, sind die Kanäle so eingerichtet, daß sie dem Wasser das Maximum der Heizoberfläche, welches ihrem Querschnitte entspricht, darbieten; es bleibt für diesen letztern nur eine Stärke von 10 Centimetern an den Seiten und darunter, und eine von 20 Centimetern darüber, damit es unmöglich ist, die oberen Flächen frei zu machen. Wir kommen weiter unten im 3. Theile bei den Schiffsdampfmaschinen auf diese Kessel zurück.

Arbeiten die Kessel mit mittlerem Druck, so ist der Quer-

schnitt der Kanäle im Allgemeinen kreisrund. In diesem Fall sind die Kessel cylindrisch und lang, und es gehen der Länge nach 1 oder 2 weite, gerade und parallele Röhren hindurch, die einerseits in den Herd und andererseits in die Esse auslaufen.

Die Fig. 16, 17 und 18 stellen einige Querschnitte von Kesseln dieser Art dar.

Arbeiten die Kessel mit Hochdruck, so wendet man diese Einrichtung niemals an oder kann sie vielmehr nicht anwenden.

Kessel mit vielen Kanälen, sogenannte Röhrenkessel.

Die Röhren sind auf den Grundsatz basirt, daß bei ganzer constanter Oberfläche die Summe der Perimeter einer gegebenen Anzahl von Oberflächen um so größer, als diese Anzahl selbst bedeutender ist. Wirklich, wenn c^2 die Seite eines Quadrates, so ist seine Oberfläche c^2 und sein Perimeter $4\,c$. Für n Quadrate, welche c zu den Seiten haben, hat man alsdann:

Ganze Oberfläche . . . . $n c^2$
Ganzer Perimeter . . . . $4 n c$

Ebenso hat man für m Quadrate, die c' zu Seiten haben:

Ganze Oberfläche . . . . . $m c'^2$
Ganzer Perimeter . . . . . $4 m c'$

Wenn die ganze Oberfläche in beiden Fällen dieselbe ist, so hat man:

$$n c^2 = m c'^2 \qquad \text{(a)}$$

daher

$$m = n \frac{c^2}{c'^2}$$

Es sei c' kleiner als c, so ist der Bruch $\frac{c^2}{c'^2}$ größer als 1, m ist größer als n.

Wenn wir aus der Gleichung a den Werth c' ableiten, und sie auch in dem Ausdruck des ganzen Perimeters $4\,m c'$ substituiren, so finden wir:

$$4\,m c' = 4\,m c \sqrt{\frac{n}{m}}$$

Bringt man m unter das Wurzelzeichen, so hat man endlich:

$$4\,m c' = 4\,c \sqrt{m n}$$

Da nun m größer ist als n, so ist das Product m n größer

als das Product n^2, und $\sqrt{mn}$ ist größer als $\sqrt{n^2}$, d. h. als n. Es folgt daraus, daß $4\,mc'$ größer als $4\,nc$ ist, d. h. größer als der Perimeter im ersteren Falle.

Für $n = 1$ erhält man:

$$4\,mc' = 4\,c\sqrt{m}$$

und für $m = 1$ . . . . . $4\,mc' = 4\,c$

2 . . . . . $4\,c\sqrt{2}$

3 . . . . . $4\,c\sqrt{3}$

4 . . . . . $4\,c \times 2$

d. h. daß bei ganz gleicher Oberfläche die Summe der Perimeter proportional ist, der Quadratwurzel, der Zahl, der bildenden Flächen.

Man sieht daher, um die Heizoberfläche eines Kessels zu verzehnfachen, ohne seine Dimensionen zu vergrößern, es hinreichend ist, den einzigen Ausströmungsdurchschnitt c durch 100 andere zu ersetzen, die zum Durchschnitt $c'^2 = \frac{c^2}{100}$ haben,

man deducirt daraus

$$4\,mc' = 4\,c\sqrt{100} = 4\,c \times 10.$$

Es ist unnöthig, zu bemerken, von welch ungeheurer Wichtigkeit die Anwendung dieses Grundsatzes bei den Dampfkesseln gewesen ist und sein wird. In Folge der glücklichen Ideen, die im Jahre 1829 der Engländer Stephenson oder aber auch der Franzose Seguin hatte, war sie erst auf die Locomotiven beschränkt, hat sich aber seit einigen Jahren auch auf die feststehenden und auf die Schiffsdampfmaschinen ausgedehnt, und es wird das Princip der Röhrenkessel in der Folge noch eine um so größere Anwendung finden, da nach der französischen Verordnung vom 22. Mai 1843 über die Dampfapparate, auf einen Kessel von 12 Pferdekräften mit äußerer Feuerung, nur mit Schwierigkeiten die Erlaubniß zur Anlage zu erlangen ist, während die Anlage eines Röhrenkessels gar keine Schwierigkeiten hat. Auch ist Gewicht und Volum dieser Kessel weit geringer als das aller andern.

Wir reden hier nicht von den Röhrenkesseln mit Niederdruck- als für Mitteldruck-Dämpfen, weil sie nur eine Vereinfachung der Hochdruck-Kessel sein könnten und kaum einmal angewendet werden.

Die Röhrenkessel zur Erzeugung von Hochdruck-Dämpfen

bestehen, wie die übrigen, aus zwei Theilen, nämlich: dem Herde und den Röhren.

Die Röhren haben stets einen runden Querschnitt; Durchmesser, Länge und Richtung sind verschieden.

Feuert man mit Steinkohlen, so giebt man ihnen einen Durchmesser von wenigstens 6 Centim., wenn dieselben nicht sehr flammen, und von wenigstens 12, wenn sie vielen Rauch entwickeln. Man hat beide Grenzen bedeutend überschritten und zwar sehr mit Unrecht, besonders die zweite; denn sobald der innere Druck den 4 Atmosphären übersteigt, so ist es gar nicht erforderlich, sie so weit zu machen.

Für Coaks giebt man den Röhren einen mittlern äußern Durchmesser von 5 Centim.; ist derselbe geringer, so verstopfen sie sich zu leicht und lassen sich auch nur schwer reinigen. Sind sie weiter, so findet dagegen ein Verlust von einem Theil der größten Heizoberfläche statt, die man erreichen kann.

Die Länge der Röhren differirt nach ihrer Einrichtung und nach der Art und Weise des Zuges, der für den Rauch angewendet wird.

Die Richtung der Röhren ist entweder horizontal oder vertikal. Erstere haben unter andern den Vorzug, daß der Rauch einen Theil der Oberfläche der Kanäle vollständiger berührt, da er, wegen seiner geringen Dichtigkeit, das Bestreben hat, sich zu erheben, während bei senkrechten Röhren der Rauch die innern Wände bloß berührt.

Die Fig. 1, 2, 3 und 4, Taf. XX., stellen zwei Kessel dar, von denen der eine, Fig. 1, horizontale, der andere (Fig. 2, 3 und 4) senkrechte Röhren hat. Der Herd, der nothwendig ein prismatischer oder cylindrischer Raum von großem Durchmesser sein muß, steht in den meisten Fällen mit dem Mantel durch lange kupferne Schraubenbolzen in Verbindung, welche die Platten in gehöriger Entfernung auseinander und mit einander zusammenhalten, damit sie der innere Druck nicht verändern kann. Da bei horizontalen Röhren die obere Herdwand mit der darüber befindlichen Mantelwand nie verbunden werden kann, da zwischen beiden eine bedeutende Entfernung stattfindet, so versieht man sie mit parabolischen Stäben oder Balken, welche den ganzen Druck auf die senkrechten Wände zurückführen und sie der Wirkung der Zerdrückung aussetzen. Bei Kesseln, die mit 5 Atmosphären arbeiten sollen und die mit 12 Atmosphären geprüft werden, beträgt dieser Druck 12 × 10330 = 124000 Kilogr. auf das Quadrat-

meter. Es ist, wie man sieht, sehr zweckmäßig, bei der Construction der Herde oder Oefen darauf Rücksicht zu nehmen. Wir werden im 3. Theile bei den Locomotiven noch Gelegenheit haben, näher auf diese Kessel zurückzukommen.

Kessel mit verschiedenen Kanälen.

Diese Kessel sind hauptsächlich bei niederm und mittlerm Druck anwendbar. Sie haben den Zweck, die Heizoberfläche durch zwei aufeinander folgende und übereinander liegende Circulationen zu vergrößern. Zu dem Ende ist der cylindrische Theil, in welchem sich die Kanäle und die Röhren befinden, weit, welches bei einem Hochdruckkessel eine Blechstärke von mehr als 15 Millimeter erfordern würde. Nach dem französischen Gesetz sind daher solche Kessel unzulässig.

Die Fig. 5 und 6, Taf. XX., stellen einen Kessel dieser Art dar, der aus Amerika nach Frankreich eingeführt worden ist. Er hat eine so zweckmäßige Einrichtung, wie man sich nur denken kann, und man sagt, daß solche Kessel in Nordamerika auf Schiffen zur Erzeugung von Hochdruckdämpfen angewendet werden.

§. 3. Kessel mit gemischter Feuerung.

Diese Kessel, welche nur bei feststehenden Maschinen angewendet werden, haben entweder einen äußern Herd mit äußerer und innerer Circulation, oder einen innern Herd, ebenfalls mit beiden.

Die Fig. 7 und 8, Taf. XX., stellen einen Kessel nach Watt'schem Princip mit äußerm Herd und gemischter Feuerung dar, indem eine weite Röhre der Länge nach hindurchgeht und die Circulation des Rauchs um ihre Länge vermehrt.

Die Fig. 9 und 10 stellen einen cylindrischen Kessel mit äußerm Herd und gemischter Feuerung dar, indem mehrere Röhren der Länge nach hindurchgehen. Kessel dieser Art sind sehr zweckmäßig für feststehende Maschinen.

Fig. 11 ist ein Kessel mit innerm Herd und gemischter Feuerung, da er mit einem Mantel versehen ist, in den der Rauch strömt, wenn er aus den Röhren herauskommt.

3. Von den, den Kesseln zu ertheilenden Dimensionen.

Wir sahen weiter oben, daß die Heizoberfläche der Kessel so berechnet werden müsse, daß in der Stunde und auf das Quadratmeter ganzer Oberfläche, wenigstens bei eisernen Kesseln, nicht mehr als 19 Kilogr. Dampf erzeugt würden.

Wir sahen auch ferner, daß bei dem höchsten Nutzeffect, der von einer Kilogr. Steinkohle hervorgebracht werden soll, die Rauchcirculation von dem Herde bis zur Esse die möglichst directe und zu gleicher Zeit die möglichst längste sein müsse.

Wir fügen hinzu, daß, in Folge der Verordnungen über die Kessel (in Frankreich, Preußen, Belgien), die Metalldicken um so bedeutender sein müssen, je größer der Kesseldurchmesser und je höher der Dampfdruck ist.

Es folgt daraus, daß man bei dem Entwurf eines Dampfkessels berücksichtigen muß:

1) eine lange Circulation des Rauches;
2) die möglich wenigsten Kniee und Vorragungen;
3) möglichst kleine Durchmesser.

Einer von den zu erfüllenden Durchmessern, die diesen drei Bedingungen am meisten entgegen wirkt, ist der Raum für den Dampf, der, wie es die Erfahrung täglich beweist, niemals zu groß ist.

Sind die Dampfkessel cylindrisch, mögen sie nun Sieden-röhren haben oder nicht, so ist es stets gut, sie mit einem oder mit zwei cylindrischen, senkrechten Behältern zu versehen, in denen der Dampf aufgefangen wird.

Haben die Kessel innere Herde, so sind diese Behälter fast unerläßlich.

Was nun das Verhältniß betrifft, welches zwischen der Heizoberfläche der Kessel und ihrer ganzen Oberfläche stattfinden muß, so rechnet man bei der französischen Bergwerksverwaltung auf die Heizoberfläche cylindrischer Kessel mit zwei Sieden-röhren:

1) die Hälfte der Oberfläche des eigentlichen Kessels;
2) drei Viertel von der ganzen Oberfläche der Sieden-röhren.

Wenn der Durchmesser der Sieden-röhren die Hälfte von dem des Kessels beträgt, so ist die Heizoberfläche gleich $\frac{5}{8}$ von der ganzen Oberfläche.

In den Kesseln mit innerer Circulation des Rauches, wird die ganze Oberfläche der Leitungen als ganze Heizoberfläche angesehen.

4. Von der Blechstärke der Kessel.

Die Blechstärke bei eisernen oder kupfernen Kesseln, die dem innern Druck widerstehen muß, wird durch die nachstehende Formel bestimmt, welche die Verordnung der franz. Regierung über die Dampfkessel mittheilt, nämlich:

$$e = 1{,}8\,D\,(n - 1) + 3,$$

in welcher bezeichnet:

e, die Dicke in Millimetern,

D, Durchmesser in Metern,

n, Zahl der Atmosphären, worauf der Kessel gestempelt wird.

Erleiden die Kessel einen äußern Druck, so ist die Dicke eine doppelte.

Gußeiserne Kessel müssen die fünffache Stärke von derjenigen haben, welche für Kessel gleicher Dimensionen von Eisen= und Kupferblech erforderlich ist.

Wenn die Stärke der Kessel aus Eisen= oder Kupferblech, welche einem gegebenen Druck und Durchmesser entspricht, bedeutender als 15 Millimeter ist, so muß man die eine von diesen beiden Größen so vermindern, daß die Dicke nicht bedeutender als diese Zahl zu sein braucht.

Die 3 Millimeter, welche man stets hinzusetzt, seien Durchmesser und Druck, welche sie wollen, ist die Veranlassung, daß ohne besondere Erlaubniß in Frankreich gar kein Dampfapparat existiren darf, der weniger Stärke als 3 Millimeter hat.

Unseres Erachtens nach scheint es nothwendig zu sein, bei den Röhrenkesseln eine Ausnahme von der Regel für die Blechstärken stattfinden zu lassen, indem deren mit einem Mantel umgebene Oberfläche nie dem Feuer ausgesetzt sind. Bei den Locomotivkesseln gestattet man in Frankreich eine weit geringere Stärke, allein es müßte dies auf alle Röhrenkessel anwendbar sein, mag ihr Gebrauch sein, welcher er will; denn in wenigen Jahren werden sie überall verbreitet sein und werden wenigstens in sehr vielen Fällen die Kessel mit Sieleröhren ersetzen.

Zweiter Artikel.

Vertheilung des Dampfes.

Die Dampfvertheilung ist derjenige Theil der Dampfmaschinen, dessen Zweck es ist, die beiden Seiten des Triebkolbens abwechselnd, einestheils mit dem Dampfkessel und anderntheils mit der Auslaßröhre, in Verbindung zu setzen. Zu dem Ende sind mehrere Apparate erforderlich, die wir bereits im ersten Theile einzeln kennen gelernt haben, nämlich:

Die Admissions= oder Einlaßröhren, welche den Dampf in die Vertheilungs= oder Distributionsbüchsen führen.

Die Distributoren.

Die Dampfleitungen, welche mit den Cylindern verbunden sind.

Die Bewegungen der Distributoren.

Die Moderatoren der Dampfvertheilung.

Wir kennen die verschiedenen Systeme, wie diese verschiedenen Apparate construirt werden; wir wissen außerdem, in welchem Fall ein jedes derselben speciell anwendbarer ist, als ein anderes, und es bleibt uns daher nur übrig, hier die Dimensionen zu bestimmen, welche sie im Verhältniß zu den Dampfmengen, die in gegebenen Zeiten verbraucht werden sollen, haben müssen.

§. 1. Admissions= oder Einlaßröhren. (Dampfrohr.)

Es seien: v, die Geschwindigkeit des Dampfkolbens;

u, die Geschwindigkeit des Dampfes in den Röhren;

H, die angenommene Höhe, welche die Geschwindigkeit u hervorbringt;

S, die Oberfläche des Dampfkolbens;

s, der Querschnitt des Dampfrohrs.

Man hat theoretisch:

$$u \times s = v \times S.$$

Andertheils hat man auch:

$$u = \sqrt{2\,g\,H}$$

wobei g die Größe des Gewichts oder 9,8088.

Verwandelt man H in eine Quecksilbersäule, so erhalten wir für:

h, gleichbedeutende Quecksilbersäule; 13590 Gewicht eines Kubikmeters Quecksilber; δ Gewicht eines Kubikmeters Dampf,

$$13590 \times h = \delta \times H$$

Wir leiten daraus ab: $H = h\,\frac{13590}{\delta}$

Wenn wir u durch seinen Werth in der ersten Gleichung ersetzen, so erhalten wir, indem wir sie im Verhältniß zu s auflösen:

$$s = \frac{S\,v}{\sqrt{2\,g\,h\,\frac{13590}{\delta}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Dies ist der theoretische Ausdruck, der als Basis bei der Bestimmung von s dienen muß.

In praktischer Beziehung erleidet diese Formel Modificationen darin:

1) Daß man annehmen muß, der wirkliche Werth von u sei nur 0,65 durchschnittlich von dem, was wir theoretisch angenommen haben.

2) Daß, da sich der Dampf durch seine Berührung mit den Röhrenwänden, in denen er circulirt, schnell abkühlt, der Druck am Ende der Leitung um so geringer im Verhältniß zu dem anfänglichen ist, je länger und je enger das Rohr ist.

Nun hat man in Beziehung auf die Länge des Dampfrohrs gefunden, daß, selbst bei der größten Sorgfalt, um die Abkühlung des Dampfes zu verhindern, es stets nachtheilig sei, den Generator und die Maschine weit von einander zu trennen. Ohne daher, wie dies bei den Wasserleitungen der Fall ist, die Länge des Dampfrohrs in die Formel (1), welche den Durchschnitt giebt, einzuführen, bemerken wir nur im Allgemeinen, daß man diese Länge so gering als möglich machen muß.

Was nun den Querschnitt des Dampfrohrs betrifft, so ist es offenbar, daß, je größer derselbe, um so mehr sich der äußerste Druck einander nähert; jedoch vermehrt sich mit dem Durchmesser auch die abkühlende Oberfläche. Unseres Erachtens nach darf man daher unsern Durchmesser, wie es so oft geschehen, nie übertreiben, sondern man muß ihn stets durch die zweckmäßig abgeänderte Formel (1) bestimmen. Zu dem Ende bemerken wir, daß, wenn man demselben den theoretischen Werth von u ihren praktischen Werth ersetzt, man durch Trennung der bekannten Factoren erhält

$$s = \frac{1{,}54}{\sqrt{19{,}62 \times 13590}} \times \frac{S\,v}{\sqrt{\frac{h}{\delta}}}$$

welches wird:
$$s = 0{,}003\,\frac{S \quad v}{\sqrt{\frac{h}{\delta}}}$$

Wenn man in dieser Formel setzt: $v = 1{,}00$ M., $h = 2{,}28$ M., $\delta = 2{,}1$ K. (s. weiter oben), so folgt in runder Zahl:
$$s = 0{,}003\ S$$

Bei übrigens gleichen Umständen des Drucks und der Geschwindigkeit wendet man folgende Tabelle an:

Durchmesser des Dampfrohrs in Millimet.	Durchmesser des Dampfkolbens in Millimet.	Verhältnisse des Röhrendurchschnittes zu der Kolbenoberfläche.	Durchmesser des Dampfrohrs in Millimet.	Durchmesser des Dampfkolbens in Millimet.	Verhältnisse des Röhrendurchschnittes zu der Kolbenoberfläche.
30	100	0,09	100	275	0,13
40	125	0,10	110	300	0,13
50	150	0,11	120	325	0,13
60	175	0,12	130	350	0,14
70	200	0,12	140	375	0,14
80	225	0,13	150	400	0,14
90	250	0,13			

Wenn wir den durch die Formel modificirt erhaltenen Werth von s mit dem in der Tabelle angenommenen vergleichen, so sehen wir, daß ihr gegenseitiges mittleres Verhältniß das von 3 : 130 ist. Ohne die Formel für positiv richtig zu halten, so ist es doch unseres Erachtens nach unmöglich, dem Dampfrohr so bedeutende Durchmesser zu geben, als die Tabelle angiebt, wenn der Dampf in der Vertheilungsbüchse oder dem Schieberkasten einen Druck haben soll, welcher gleich dem im Kessel ist. Ohne uns den einmal bestehenden gebräuchlichen Dimensionen unbedingt widersetzen zu wollen, sind wir der Meinung, daß, wenn man den oben erwähnten Coefficienten 130 auf 80 reducirt, die Formel für s stets hinreichende Werthe geben wird, so daß nie wesentliche Unterschiede des Drucks stattfinden werden; man hat alsdann:

$$s = 0{,}08 \frac{S\,v}{\sqrt{\frac{h}{\delta}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

§. 2. Distributoren.

Die Dimensionen der Distributoren werden nach denen der Oeffnung bestimmt, durch welche die Dampfvertheilung stattfindet.

Erfolgt die Vertheilung durch Schieber, so sind die Oeffnungen länglich viereckig und man nennt sie Wege (lumières). Wird die Dampfvertheilung mittelst Ventilen bewirkt, so sind die Oeffnungen kreisförmig.

Der Durchschnitt der Wege unterscheidet sich von dem der Ventile dadurch, daß, da die letztern durch eine Hebelsteuerung bewegt werden, ihre Oeffnung und ihr Verschluß nicht augenblicklich erfolgt, während die Schieber durch Excentriken bewegt werden und daher Oeffnung und Verschluß nach und nach vor sich geht.

Es folgt daraus, daß, um in dem Augenblicke, in welchem der Schieber den Weg öffnet, den größtmöglichsten Ausströmungsdurchschnitt zu haben, man dem Wege eine bedeutende Größe geben müsse.

Um die Durchmesser der Ventile und der Schieberöffnungen zu bestimmen, kann man dieselbe Formel anwenden, wie bei dem Dampfrohr, jedoch ist es unseres Erachtens nach weit zweckmäßiger, den Coefficienten 0,08 für den Schieber durch 0,10 und für die Ventile durch 0,05 zu ersetzen, welches giebt:

Durchschnitt der Wege . . . $s' = 0{,}10 \frac{S\ v}{\sqrt{\frac{h}{\delta}}}$

Durchschnitt der Ventilöffnung . $s' = 0{,}05 \frac{S\ v}{\sqrt{\frac{h}{\delta}}}$

1. Wege.

Die größte Länge, die man den Wegen geben kann, ist der Kolbendurchmesser; in diesem Falle ist die Dampfbüchse breiter, als der Cylinder. Es ist dies kein großer Nachtheil, und es ist dabei wenig zu berücksichtigen, wenn die Kolbengeschwindigkeit groß ist; bei den neuern Locomotiven entfernt man sich auch nicht weit von dieser Einrichtung. Behält man aber den durch die oben mitgetheilte Formel angegebenen Durchschnitt bei, so erlangt man eine sehr geringe Breite der Wege, welches für die Ausführung nicht ohne Nachtheil ist. Im Allgemeinen macht man die Wege, die nicht Locomotiven sind, 5mal länger als breit. Allein wir sind der Meinung, daß man ohne Nachtheil die Zahl 6 annehmen kann. Wenn alsdann **L** und **l** die Dimensionen eines Weges darstellen, so hat man:

$$L = 6\,l$$

daher: $s = L \times l = 6\,l^2$

Man hat demnach: $6\,l^2 = 0{,}1 \frac{S\ v}{\sqrt{\frac{h}{\delta}}}$

Ersetzt man **S** durch seinen Werth, 0,785 D^2, wobei **D** der Durchmesser des Dampfkolbens ist, so erhält man:

$$l^2 = 0{,}0131 \frac{D^2 v}{\sqrt{\frac{h}{\delta}}}$$

Macht man nach und nach h = 0,76 M. und h = 3,04 M., so erhält man für δ die Werthe von 0,60 K. und 2,568 K.; nehmen wir alsdann für v den Werth 1,00 M., so findet man:

1) Für h = 0,76 . . . . . l = 0,108 D

2) Für h = 3,04 . . . . . l = 0,109 D

Das heißt fast dasselbe in beiden Fällen und = 0,1 D.

Es ist dies genau der Werth, den man im Allgemeinen l giebt; es folgt alsdann für L:

$$L = 6\,l = 0,\ 6\,D.$$

Wir halten diese Verhältnisse sehr zweckmäßig für Maschinen, die mit gewöhnlicher Geschwindigkeit betrieben werden. Bei Locomotiven kann man, wenn man für l den Werth 0,1 D beibehält, den von L auf 0,8 oder auf 0,9 von D bringen.

2. Ventile.

Die kreisförmige Oeffnung der Ventile muß wenigstens einen eben so großen Querschnitt haben, als das Dampfrohr. Wenn nun der Durchmesser derselbe ist, so ist es zur Bestimmung der Höhe x nothwendig, und indem man den Durchmesser mit d bezeichnet, zu setzen:

$$3{,}1416 \times x = 0{,}785\ d^2$$

daher: $$x = \frac{d}{4}$$

Wenn wir bei den Ventilen dieselben Werthe von h anwenden, wie wir sie bei den Schiebern angenommen haben, so erhalten wir:

$$0{,}785\ d^2 = 0{,}05 \frac{0{,}785\ D^2 v}{\sqrt{\frac{h}{\delta}}}$$

und für h = 0,76 . . . d = 0,21 D

h = 3,04 . . . d = 0,216 D

In beiden Fällen:

$$d = 0{,}2\ D$$

daher: $$x = 0{,}05\ D$$

Man kann zwischen 0,20 und 0,25 wählen; unserer Ansicht nach sind 0,2 hinreichend.

§. 3. Dampfleitungen, die mit den Cylindern verbunden sind.

1. Leitungen der Einströmungsöffnungen an den Enden des Cylinders.

Es sei nun die Art der angewendeten Vertheilung wie sie wolle, so sind diese Leitungen stets viereckig. Bei Schiebern gießt man sie oft mit dem Cylinder aus einem Stück, und es ist alsdann wichtig, sie so schnell als möglich zu machen, damit die Cylinderwand nicht so übermäßig dick gegossen zu werden braucht. Im Allgemeinen ist ihr Querschnitt eben so groß als der des Dampfrohrs, und die Dicke, mit Einschluß von der des Gußeisens, muß nicht bedeutender sein, wie die Ränder des Cylinders. Die eigentliche Cylinderwand kann man da, wo sich die Leitung befindet, ohne Nachtheil möglichst dünn machen. Kennt man nun die eine Dimension dieser Leitung, die Breite des Querschnittes, so kann man die andere Dimension oder die Länge des Querschnittes leicht bestimmen. Die Verbindung der Leitung mit den Oeffnungen ist keine schwierige Aufgabe für die Gießerei.

Bei Ventilen giebt man ihnen eine Stärke, die gleich der Hälfte des Durchmessers von der Einlaßöffnung ist; man bestimmt alsdann die Breite, wenn man setzt:

$$l\,e = 0{,}785\ d^2$$

und da man hat: $e = 0{,}5\ d$, so folgt: $l = 1{,}57\ d$

Um möglichst wenig Spielraum zwischen dem Boden und dem Kolben zu lassen, und um zu gleicher Zeit zu verhindern, daß sich die Liederung dieses letzteren an den Verbindungskanten der Leitung mit dem Cylinder reibt, bringt man die Oeffnung möglichst gänzlich in den Böden an, so daß der Dampf ohne Hinderniß eintreten kann.

2. Leitung der Ausströmungsöffnungen nach außerhalb.

Dieselben Berechnungen, die für die Einströmungsöffnungen und Leitungen gelten, lassen sich auch auf die Ausströmungsöffnungen und Leitungen anwenden. Jedoch macht man die letztern immer weiter als die erstern, theils weil man das Ausströmen des Dampfes nicht genug erleichtern kann, und theils weil sie stets Kniee haben, welche den Dampf aufzuhalten suchen.

Es kommt jedoch ein Fall vor, in welchem man die Dimen-

sion dieser Leitung durchaus nicht erweitert, sondern sie in dem Maße enger macht, je weiter sie sich von der Ausgangsöffnung entfernen; dies ist alsdann der Fall, wenn man den ausströmenden Dampf zur Hervorbringung des Zuges benutzt, wie dies bei Locomotiven geschieht. Es ist aber in diesem Falle der Widerstand gegen den Kolben sehr bedeutend, wie wir im dritten Bande, wo wir von diesen Motoren handeln, sehen werden.

§. 4. Bewegungen der Distributoren.

1. Schieber.

Der Lauf der Schieber ist nach dem, was wir darüber im ersten Theil, S. 160 und folgende gesagt haben, gleich der zwei- oder dreifachen Breite der Oeffnung, je nach den verschiedenen Fällen. Wenn die Breite eines Weges = 0,1 D, so folgt daraus, daß der Lauf des Schiebers bald 0,2 D, bald 0,3 D ist.

Bezeichnen wir diesen Lauf mit 1, so ist die Länge der Hebel, um die Schieber in Bewegung zu setzen, 1,5.

Der Durchmesser der Schieberwelle wird auf folgende Weise bestimmt:

Die Oberfläche eines Schiebers ist höchstens gleich dem achtfachen Durchschnitt eines Eingangsweges, der selbst gleich ist

$$0{,}1\ D \times 0{,}6\ D = 0{,}06\ D^2$$

Man hat daher für die Schieber-Oberfläche:

$$8 \times 0{,}06\ D = 0{,}48\ D^2$$

Der Dampfdruck auf diese Fläche ist:

$$0{,}48\ D^2 \times 1000\ K. \times h$$

h ist in Metern Wasser ausgedrückt.

Die Reibung des Schiebers auf seiner Platte ist = 0,2 von dem Dampfdruck auf seine Oberfläche, daher:

$$0{,}2 \times 0{,}48\ D^2 \times 1000 \times h$$

oder nachdem alle Reductionen vorgenommen sind:

$$96\ D^2\ h$$

Dieser Ausdruck ist genau der für den Widerstand, den der Schieber der Bewegung leistet, welche ihm die Schieberstange mittheilte. Die Schieberwelle widersteht der Drehung; sie besteht aus Eisen und ihr Durchmesser wird nach der Formel berechnet, die wir im 1. Theil S. 44 mitgetheilt haben:

$$d^3 = 1{,}48\,\frac{A}{n},\ \text{in Centimetern}$$

in welchen A gleich ist $2\,\pi\,r\,n\,Q$.

Nun hat man

$$r = 1{,}5\ c$$

wobei c der Schieberlauf.

$$Q = 96\ D^2\ h$$

Man leitet daraus ab:

$$d^3 = 1{,}48 \times 6{,}283 \times 1{,}5\ c \times 96\ D^2\ h = 1340\ c\ D^2\ h$$

und

$$d = 11\ \sqrt[3]{c\ D^2\ h}, \text{ in Centimetern.}$$

Um d in Metern auszudrücken, ist es nöthig, 11 durch 0,11 zu ersetzen und man hat

$$d = 0{,}11\ \sqrt[3]{c\ D^2\ h}$$

Es seien: $c = 2\ l = 2 \times 0{,}1\ D = 0{,}2\ D$
$h = 10{,}32$ M.

Man erhält: $d = 0{,}11\ D\ \sqrt[3]{2{,}064} = 0{,}14\ D$

d. h. daß der Durchmesser der Schieberwelle bei niederm Druck 0,14 von dem des Kolbens betragen müsse.

Für $h = 41{,}28$ M., erhält man:

$$d = 0{,}11\ D\ \sqrt[3]{8{,}256} = 0{,}223\ D$$

d. h. daß der Durchmesser der Schieberwelle bei Hochdruckdämpfen 0,223 von dem des Kolbens sein muß.

Diese Dimensionen sind weit stärker, als die, welche man gewöhnlich giebt, welches anzudeuten scheint, daß der Coefficient der Reibung geringer sei, als der von uns angenommene. Im Allgemeinen ist der Durchmesser der Zapfen der Schieberwellen höchstens gleich dem Durchmesser der Kolbenstange.

Wir werden weiter unten sehen, daß bei gleicher entwickelter Kraft die Dampfkolbendurchmesser sich unter einander verhalten wie:

Niederdruck . . . . . $D = 1{,}00$
Hochdruck ohne Expansion . $D' = 0{,}50$
derselbe mit Expansion . $D'' = 0{,}80$

Der Werth 0,1 D für Maschinen von Niederdruck entspricht 0,2 D′ für Maschinen mit Hochdruck ohne Expansion und 0,125 D″ für Maschinen mit Expansion.

Nehmen wir an, daß die von der Erfahrung bestätigten Werthe: 0,1 D und 0,2 D′ gut sind, so glauben wir, daß es zweckmäßig sein wird, den Ausdruck 0,125 D″ durch 0,15 D″ zu ersetzen, da bei den Expansionsmaschinen der Druck derselbe ist, wie bei den Hochdruckmaschinen ohne Expansion, und weil sie größere Schieber haben.

2. Ventile.

Der Ventillauf ist stets gleich wenigstens einem Viertel ihres Durchmessers (siehe weiter oben).

Die Längen der Hebel, obgleich sie das 1,5fache dieses Laufes betragen müssen, sind oft in Folge eigenthümlicher Einrichtungen weit größer.

Für den Durchmesser der Hebelwellen glauben wir dieselbe Regel annehmen zu können, wie für die Schieberwellen, d. h. 0,1 **D** bei Niederdruck, 0,2 **D'** bei Hochdruck ohne Expansion, und 0,15 **D''** bei Expansion.

§. 5. Moderator der Dampfvertheilung.

Der Moderator der Dampfvertheilung umfaßt: Die Admissionsklappe und das conische Pendel.

Die Dimensionen der Admissionsklappe werden nach denen des Dampfrohrs bestimmt. Die des conischen Pendels sind sehr verschieden; dennoch kann man sagen, daß im Durchschnitt die Entfernung des Mittelpunktes von den Kugeln und des Schwingungsmittelpunktes ihrer Stangen gleich dem Halbmesser der Kurbel, d. h. wie wir später sehen werden, gleich dem Durchmesser des Niederdruckcylinders ist.

Wegen der Bestimmung der Zahl der Umgänge des Apparates in der Minute, sowie wegen der Bestimmung des Gewichtes der Kugeln, verweisen wir auf die Theorie, die wir davon auf Seite 183 und folgende im ersten Theile mitgetheilt haben.

Dritter Artikel.

Bewegende Kraft.

Die bewegende Kraft ist derjenige Theil der Dampfmaschine, der den Zweck hat, die Summe der Wirkungen des Dampfes, die in jedem Augenblick verbraucht wird, in eine einzige Kraft zu verwandeln, die auf das Ende einer Stange einwirkt.

Es gehören dazu drei Haupttheile, nämlich: Der Dampfcylinder, der Triebkolben und die Kolbenstange. Wir kennen die verschiedenen Constructionssysteme dieser drei Stücke, sowie die Verhältnisse, ihre eigenthümlichen Dimensionen; wir wissen ferner, in welchen Fällen die einen Dimensionen zweckmäßiger sind als die anderen. Es bleibt uns daher hier nur übrig, die Durchmesser der Dampfcylinder und ihrer Kolben nach den Bedingungen ihrer Kräfte, der Geschwindigkeit und des Drucks, mit denen diese Maschinen arbeiten müssen, zu bestimmen.

1. Allgemeine Theorie der Leistung des Dampfes.

Es sei **A** Fig. 18., Taf. **XXVI.** ein Dampfgenerator, der mittelst einer Röhre, die mit einem Hahn **C** versehen ist, mit dem senkrechten Cylinder **B** in Verbindung steht.

D ist ein in dem Cylinder beweglicher und mit einem Gewicht belasteter Kolben.

Wir wollen annehmen, daß das Dampfvolum, welches in jedem Augenblick durch den Generator erzeugt wird, gleich dem Volum ist, welches zu gleicher Zeit den Kolben in dem Cylinder treibt, und wir nennen:

h, die Höhe in Metern einer Wassersäule, die gleich dem constanten Druck ist, der durch den Dampf in dem Cylinder ausgeübt wird.

S, die Kolbenoberfläche in Quadratmetern.

z, irgend ein von dem Kolben durchlaufener Raum in Metern.

t_m, die Leistung des Dampfes während des Laufs des Kolben in diesem Raum.

Da das Gewicht des Cubikmeters Wasser 1000 Kil. ist, so beträgt der Druck des Dampfes auf dem Kolben:

$$S \times h \times 1000 \text{ Kilogr.}$$

Da die Leistung dem Drucke gleich ist, welchen die mit dem durchlaufenen Raume multiplicirte Kraft ausübt, so ist die durch den Dampf bewirkte Leistung, während der Kolben den Raum z durchläuft:

$$t_m = S \times h \times 1000 \times z \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Wenn man in dem Augenblick, in welchem der Kolben den Raum z durchlaufen hat, den Hahn **C** schließt, so hört der Kolben zu steigen auf; da aber das in Folge der steigenden Bewegung des Kolbens erzeugte Volum fortfährt, immer größer zu werden, so dehnt sich der in diesem Volum enthaltene Dampf aus und sein Druck nimmt ab.

Ungeachtet der zahlreichen Versuche, die bis jetzt angestellt worden sind, ist es doch noch nicht möglich gewesen, das Gesetz scharf zu bestimmen, nach welchem diese Verminderung des Druckes stattfindet. Hrn. Regnault, der sich so lebhaft damit beschäftigt, ist wahrscheinlich die Ehre vorbehalten, es zu bestimmen. Die bis jetzt erlangten Resultate haben eine so große Analogie mit denen, welche die zusammengedrückten Gase geben, daß man, ohne einen wesentlichen Irrthum in der Praxis zu begehen, auch für den Dampf das Mariotte'sche Gesetz von der Ausdehnung der Gase annehmen kann; es heißt:

Bei gleichen Temperaturen verhalten sich die Volumina der Gase umgekehrt wie der Druck.

In diesem Fall sind für zwei durchlaufene Räume z und z' die entsprechenden Drucke h und h' unter einander durch folgendes Verhältniß verbunden:

$$S \times z : S \times z' = h' : h$$

daher:
$$z\,h = z'\,h'$$

und:
$$h = \frac{z\,h}{z'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Aus den durch z' gegebenen Werthen leitet man die Werthe von h' und umgekehrt:

Es seien o x, o y, Fig. 19., zwei auf einander rechtwinklich stehende Achsen; nehmen wir O A = z, O B = h, und vollenden wir das Rechteck O A C B. Dasselbe hat zur Oberfläche:

$$O\,A \times O\,B = z \times h$$

Die Leistung t_m, welche durch die Gleichung (1) gegeben worden ist, kann alsdann dargestellt werden durch den Ausdruck:

$$S \times 1000 \times \text{Oberfläche } O\,A\,C\,B$$

Es seien O a, O a', O a'' ꝛc. die auf einander folgenden Werthe von z', die unter einander durch die unendlich kleinen Größen A a, a a', a' a'' ꝛc. abweichen.

Es seien a b, a' b', a'' b'' ꝛc. die entsprechenden Werthe von h'.

Nehmen wir an, daß, statt augenblicklich abzunehmen, die Werthe h' während des Laufs von dem Kolben in den unendlich kleinen Räumen A a, a a', a' a'' ꝛc. constant, und zwischen jeder Theilung dem in der Gleichung (2) gegebenen Werthe gleich sind.

Die während des Durchlaufens von einem jeden dieser Läufe hervorgebrachte Leistung ist alsdann:

Für A a. . $S \times 1000 \times A\,a \times a\,b = S \times 1000 \times \text{Oberfl. } a\,b\,c\,A$

a a'. . dass. $\times\, a\,a' \times a'\,b' = S \times 1000 \times \text{Oberfl. } a\,a'\,b'\,c'$

a' a''. . dass. $\times\, a'\,a'' \times a''\,b'' = S \times 1000 \times \text{Oberfl. } a'\,a''\,b''\,c''$

und für den Raum $A\,D = A\,a + a\,a' + a'\,a'' +$ ꝛc., indem man diese Leistung durch t'_m bezeichnet:

$$t'_m = S \times 1000\,(\text{Oberfl. } A\,a\,b\,c + \text{Oberfl. } a\,a'\,b'\,c' + \text{ꝛc.}),$$

d. h. die Summe der Rechtecke in dem Innern der Curve C E, die mittelst der Gleichung (2) zwischen den Senkrechten A C und D E construirt worden ist.

Da die successiven Zunahmen Aa, aa', $a'a''$ und von z' unendlich klein sind, so fallen die Horizontalen cb $c'b'$ $c''b''$ 2c., mit der Curve CE und es ist die Summe des kleinen Rechtecks nichts anderes als die Oberfläche $ADEC$.

Die durch den Dampf während des Kolbenlaufs von dem Punkt A bis zu dem Punkt D hervorgebrachte Leistung hat alsdann zum Ausdruck:

$$t'm = S \times 1000 \times \text{Oberfl. } ADEC.$$

Nimmt man die Gleichung (2):

$$h' = \frac{zh}{z'}$$

so bemerken wir, daß, da z und h als bekannte und z' und h' als unbekannte Größen sind, diese Gleichung, die einer Hyperbel, die auf ihre Asymptoten zurückgeführt worden ist. Die Curve CE ist demnach der Arm von einer Hyperbel.

Nun hat man im Allgemeinen (Fig. 20.) die Oberfläche zwischen den Ordinaten zweier Punkte B und m irgend einer Curve zu bestimmen:

$$OA = a \qquad op = x \qquad pp' = dx$$
$$AB = b \qquad pm = y \qquad m'l = dy$$
$$\sigma = \text{Oberfläche } ABmp$$

1\. . . . . $d\sigma = mm'p'p$

2\. . . . . $m'l'pp' > mm'p'p > mlp'p$

3\. Indem man die Oberfläche durch ihre Maße ersetzt:

$$(y + dy)\, dx > mm'p'p > y\, dx$$

4\. . . . $\dfrac{y + dy}{y\,dx}\, dx > \dfrac{mm'p'p}{y\,dx} > 1$

und da man hat:

$$\frac{y + dy}{y\,dx}\, dx = 1 + \frac{dy}{y}$$

kommt 5. . . . . . $1 + \dfrac{dy}{y} > \dfrac{d\sigma}{y\,dx} > 1$

da dy unendlich klein, so folgt für $dy = 0$:

6\. . . . . $\dfrac{d\sigma}{y\,dx} = 1$

7\. . . . . $d\sigma = y\,dx$

8\. . . . . . . $\sigma = \int y\,dx + C$

Da C eine Constante.

Wendet man diese Formel auf die Bestimmung der Oberfläche ADEC (Fig. 19.) an, so haben wir:

$$1. \quad \ldots\ldots\ldots \quad h' = \frac{zh}{z'}$$

$$2. \quad \ldots \quad \sigma = \int h'\,dz' = \int \frac{zh\,dz'}{z'} = zh \int \frac{dz'}{z'}$$

Wobei zu bemerken, daß man im Allgemeinen hat:

$$\int \frac{dx}{x} = \log.\, x + C$$

es folgt: $\sigma = zh \log.\, z' + C$

Für $z' = z$ hat man: $\sigma = 0$, denn nur von AC ausgehend, beginnt die zu schützende Oberfläche; man leitet daraus ab:

$$0 = zh \log.\, z + C$$

daher: $C = - zh \log.\, z$

und $\sigma = zh (\log.\, z' - \log.\, z) = zh \log.\, \frac{z'}{z}$

Für $z' = OD$, es folgt $\sigma =$ Oberfläche ADEC und alsdann hat man:

$$\text{Oberfl. } ADEC = zh \log.\, \frac{OD}{z}$$

Der Log. $\frac{OD}{z}$ ist ein Nepper'scher; um ein log. nach dem System darzustellen, dessen Basis 10 ist, muß man ihn durch die Zahl 2,3026 multipliciren, und man hat:

$$\text{Oberfläche } ADEC = zh \log.\, \frac{OD}{z}\, 2{,}3026$$

man leitet daraus ab:

$$t'_m = S \times 1000 \times zh \log.\, \frac{OD}{z}\, 2{,}3026$$

Wenn T_m die ganze Leistung darstellt, welche das in den Cylinder eingeführte Dampf-Volum ($V = S \times z$) bewirkt hat, so erhält man:

$$T_m = t_m + t'_m = S \times 1000 \times zh \left(1 + \log.\, \frac{OD}{z}\, 2{,}3026\right)$$

und indem man $S \times z$ durch V ersetzt:

$$T_m = Vh \times 1000 \left(1 + \log.\, \frac{OD}{z}\, 2{,}3026\right)$$

Es sei v die Kolbengeschwindigkeit $= OD$, so hat man:

$$T_m = Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z}\ 2{,}3026\right) \ldots (3)$$

Eben so würde man haben, indem man durch OD den Kolbenlauf C und durch OA einen Raum E darstellt, der vor der Expansion durchlaufen worden ist:

$$T_m = Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{C}{E}\ 2{,}3026\right)$$

$\frac{v}{z}$ u. $\frac{C}{E}$ sind zwei einer dritten $\frac{OD}{OA}$ und unter einander gleiche Größen. Man folgert daraus, daß man nicht nöthig habe, Rücksicht auf den Kolbenlauf zu nehmen, um die Leistung nach der oben gefundenen Formel zu berechnen; daß es hinreichend ist, E im Verhältniß zu C einen Werth zu geben, der gleich dem zu z im Verhältniß z : v ist.

Discussion.

Man hat: 1) $T_m = Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z} 2{,}3026\right)$

2) . . . . . . $V = S \times z$

Für einen constanten Verbrauch V von Dampf in der Secunde ist die hervorgebrachte Leistung um so bedeutender, je größer der Ausdruck $\frac{v}{z}$ ist; für $\frac{v}{z} = \infty$ folgt:

$$T_m = \infty$$

Es giebt dies an, daß, theoretisch genommen, mit einem geringen Dampfverbrauch eine unendlich große Leistung erlangt werden kann. Dieses Resultat setzt aber voraus, daß die Ausdehnung des Dampfes demselben Gesetz unterworfen sei, als die der Gase. Nun ist aber diese Thatsache um so weniger richtig, je größer der Werth von $\frac{v}{z}$ ist. Es ist daher unseres Erachtens wichtig, nur nach und nach mit den successiven Erhöhungen des Werthes vorzuschreiten, den man diesem Factor zu geben veranlaßt sein möchte.

Es sei dem nun wie ihm wolle, so giebt die nachstehende Tabelle, bei Annahme des Mariotte'schen Gesetzes für die Werthe von $\frac{v}{z}$, die zwischen 1 und 10 begriffen sind, die relativen Werthe

von T_m, die verschiedenen Werthen entsprechen, welche dem Factor $\frac{v}{z}$ in der Formel (3) ertheilt worden sind:

Tabelle der successiven Zunahme der von der Expansion herrührenden Leistungen.

Werth von $\frac{v}{z}$	Relative Größen der Leistungen.	Werth von $\frac{v}{z}$	Relative Größen der Leistungen.	Werth von $\frac{v}{z}$	Relative Größen der Leistungen.	Werth von $\frac{v}{z}$	Relative Größen der Leistungen.
1,00	1,000	3,50	2,250	6,00	2,790	8,50	3,140
1,25	1,223	3,75	2,330	6,25	2,831	8,75	3,171
1,50	1,405	4,00	2,385	6,50	2,870	9,00	3,200
1,75	1,560	4,25	2,445	6,75	2,910	9,25	3,230
2,00	1,692	4,50	2,507	7,00	2,950	9,50	3,250
2,25	1,810	4,75	2,555	7,25	2,980	9,75	3,275
2,50	1,918	5,00	2,610	7,50	3,020	10,00	3,302
2,75	2,010	5,25	2,660	7,75	3,048		
3,00	2,100	5,50	2,705	8,00	3,085		
3,25	2,180	5.75	2,748	8,25	3,110		

Was nun den Factor V h betrifft, so müssen wir bemerken, daß nach der weiter oben bei den Generatoren mitgetheilten Tabelle der Temperaturen, Volumina und Dichtigkeiten des Dampfes bei verschiedenem Druck, wenn der verbrauchte Dampf constant ist, eine von den beiden Größen V und h zunimmt, wenn die andere abnimmt und umgekehrt. Um zu erkennen, in welchem Fall dieses Produkt ein Maximum, ist es unerläßlich, auf Beispiele zurückzukommen. Giebt man auf diese Weise h verschiedene Werthe, so gelangt man zu folgender Tabelle:

Tabelle über die Größe der relativen Leistungen, die von 1 Kil. Dampf, ohne Expansion, bei verschiedenem Druck hervorgebracht worden sind.

Druck in Atmosphären.	Druck in Meter Wasser. h	Volum von 1 Kilogr. Dampf. V	Leistung von 1 Kilogr. Dampf. V h	Druck in Atmosphären.	Druck in Meter Wasser. h	Volum von 1 Kilogr. Dampf. V	Leistung von 1 Kilogr. Dampf. V h
	Meter.	Kub. M.	Dynam.		Meter.	Kub. M.	Dynam.
0,625	0,64	22,250	14,58	5,00	51,60	0,391	20,00
0,125	1,29	11,800	15,22	5,25	54,18	0,370	20,10
0,250	2,58	6,400	16,55	5,50	56,76	0,356	20,20
0,500	5,16	3,230	16,62	5,75	59,34	0,343	20,30
0,75	7,72	2,210	17,15	6,00	61,92	0,329	20,40
1,00	10,32	1,700	17,55	6,25	64,50	0,316	20,45
1,25	12,90	1,380	17,80	6,50	67,08	0,305	20,50
1,50	15,48	1,162	18,05	6,75	69,66	0,295	20,55
1,75	18,06	1,015	18,40	7,00	72,24	0,285	20,60
2,00	20,64	0,900	18,55	7,25	74,82	0,280	20,65
2,25	23,22	0,803	18,65	7,50	77,40	0,269	20,70
2,50	25,80	0,730	18,82	7,75	79,98	0,262	20,75
2,75	28,38	0,672	19,00	8,00	82,56	0,253	20,83
3,00	30,96	0,619	19,15	8,25	85,14	0,246	20,90
3,25	33,54	0,574	19,30	8,50	87,72	0,240	21,00
3,50	36,12	0,540	19,40	8,75	90,30	0,234	21,10
3,75	38,70	0,507	19,55	9,00	92,88	0,227	21,20
4,00	41,28	0,475	19,60	9,25	95,46	0,222	21,25
4,25	43,86	0,450	19,70	9,50	98,04	0,215	21,30
4,50	46,44	0,427	19,80	9,75	100,62	0,211	21,35
4,75	49,02	0,405	19,85	10,00	103,20	0,208	21,46

Es folgt aus dieser Tabelle, daß für die zunehmenden Werthe von h das Product V h zunimmt, jedoch in einem sehr geringen Verhältniß. Es ist demnach nicht vortheilhaft, den Dampf unter sehr hohem Druck anzuwenden, wenn dieser letztere große Schwierigkeiten in der Ausführung und in der Unterhaltung dieses Apparates erregt.

Wenn demnach die verbrauchte Dampfmenge constant bleibt, so ist der Werth von T_m um so größer, je größer die Factoren h und $\frac{V}{z}$ selbst sind.

2. Praktischer Nutzeffect der Dampfmaschinen.

Die Gleichung der Arbeit oder des Effects ist der Ausdruck des dynamischen Gleichgewichts zwischen Kraft und Widerstand.

In einer Dampfmaschine ist die Kraft einfach, der Widerstand vielfach.

Nennen wir:

T_m, den ganzen Effect, welcher im Stande ist, ein Gewicht P Dampf zu produciren, wie oben.

t_r, den durch den Widerstand des Mittels, in welchem sich diejenige Seite des Kolbens, auf die der Dampf nicht einwirkt, bewegt, absorbirten Effect.

t_r', den von dem Widerstand der Bewegung aller beweglichen Theile der Maschine, absorbirten Effect.

T_u, den wirklichen Nutzeffect,

so haben wir die Gleichung

$$T_m = t + t_r' + T_u.$$

In diesem ist:

t_r proportional der Kolbenoberfläche und dem Mittel, welches dem Dampf entgegenwirkt.

t_r' hängt gänzlich von der Art, dem Constructions-System und der mehr oder weniger guten Ausführung des Apparates ab.

t_r und t_r' sind zwei Größen, die vorher von T_m abgezogen werden, ehe T_u irgend einen Werth hat; man leitet davon die folgende Gleichung ab:

$$T_u = T_m (t_r + t_r'),$$

welche andeutet, daß T_u das Maximum, wenn der Ausdruck $t_r + t_r'$ das Minimum ist.

Nun sind die beiden Größen t_r und t'_r unabhängig von einander; ihre Summe ist daher ein Minimum, wenn eine jede von ihnen ein Minimum ist.

Je nach den Maschinen schwankt t'_r zwischen $\frac{2}{3}$ und $\frac{2}{3}$ von T_u.

Was nun t_r betrifft, so erhält man seine geringsten Werthe auf folgende Weise:

Wenn wir in der Gleichung $T_m = t_r + t'_r + T_u$

T_m durch seinen Werth: $V h \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z} 2{,}3026\right)$

ersetzen und machen $t_r' + T^u = T_r$,

so erhalten wir, indem wir sie in Beziehung auf T_r auflösen:

$$T_r = V h \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z}\, 2{,}3026\right) - t_r.$$

Es seien:

h', eine Wassersäule gleich dem Druck des Mittels, welches der Wirkung des Dampfes auf den Kolben entgegen ist.

S die Kolbenoberfläche und v ihre Geschwindigkeit, wie vorher.

Der durch diesen Widerstand in der Secunde absorbirte Effect hat zum Ausdruck das Product des Druckes auf den Kolben durch die Geschwindigkeit.

Man hat demnach: $t_r = S \times h' \times 1000 \times v.$

Wenn man nun hat: $S = \frac{V}{z}$

so erhält man, wenn man diesen Werth von t_r in der allgemeinen Gleichung substituirt, und indem man $V h \times 1000$ als allgemeinen Factor annimmt:

$$T_r = V h \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z} 2{,}3026 - \frac{v}{z}\frac{h'}{h}\right)$$

Damit dieser Werth von T_r ein Maximum sei, muß die Differenz zwischen dem positiven und negativen Theil, der in der Parenthese steht, ein Maximum sein.

In dieser Gleichung ist z die Function von v, und h' die Function von h; man kann daher v und h als constante annehmen, während z und h' variable sind.

Nun bemerken wir, daß, wenn man ein Verhältniß hat:

$$v : z = h : h'$$

der Ausdruck: $\log. \frac{v}{z} 2{,}3026 - \frac{v}{z}\frac{h'}{h}$ ein Maximum sei,

und daß folglich T_r ein Maximum sein müsse.

Um dies zu beweisen setzen wir:

$$v = m z$$
$$h = n h'$$

Der variable Theil der Gleichung wird:

$$\log. m\ 2{,}3026 - \frac{m}{n}$$

Wenn $m = n$, so erhält man: $\log. m\ 2{,}3026 - 1$

Wenn $m > n$, wird der negative Ausdruck größer, der positive aber auch. Man kann demnach nichts daraus folgern.

Wenn $m < n$, so wird der negative Ausdruck kleiner, der positive aber auch. Man hat demnach kein Mittel, diese Verschiedenheit der Differenz zu untersuchen, als durch Beispiele.

Zu dem Ende seien nach und nach:

$$m = 3n,\ 2n,\ n\ \frac{1}{2}n,\ \frac{1}{3}n$$

Man erhält:

1) für $m = 3n$ Differenz $= \log. 3n \times 2{,}3026 - 3$
2) — $2n$ — $\log. 2n \times 2{,}3026 - 2$
3) — n — $\log. n \times 2{,}3026 - 1$
4) — $\frac{1}{2}n$ — $\log. \frac{n}{2} \times 2{,}3026 - \frac{1}{2}$
5) — $\frac{1}{3}n$ — $\log. \frac{n}{3} \times 2{,}3026 - \frac{1}{3}$

Wenn wir nun nach und nach machen:

$$n = 2, 3, 4, 5, 6$$

wobei wir bemerken, daß $n = 1$ nicht vorkommen kann, weil in diesem Fall der Druck auf den entgegengesetzten Seiten des Kolbens gleich sein und $T_r = o$ gelten würde, so erhält man:

1. Wenn $n = 2$

1) $m = 3n$ Differenz $= \log. 6 \times 2{,}3026 - 3 = -1{,}210$
2) $m = 2n$ — $\log. 4 \times 2{,}3026 - 1 = -0{,}615$
3) $m = n$ — $\log. 4 \times 2{,}3026 - 1 = -0{,}305$
4) $m = \frac{1}{2}n$ — $\log. 2 \times 2{,}3026 - 0{,}5 = -0{,}500$
5) $m = \frac{1}{3}n$ — kann nicht angenommen werden, da man alsdann haben würde:

$$v = \frac{2}{3} z$$

welches nicht möglich ist, da z höchstens gleich v sein kann.

2. Wenn $n = 3$.

1) $m = 3n$ Differenz $= \log. 9 \times 2{,}3026 - 1 = -0{,}800$
2) $m = 2n$ — $\log. 6 \times 2{,}3026 - 2 = -0{,}210$
3) $m = n$ — $\log. 3 \times 2{,}3026 - 1 = +0{,}100$
4) $m = \frac{1}{2}n$ — $\log. 1{,}5 \times 2{,}3026 - 0{,}5 = -0{,}094$
5) $m = \frac{1}{3}n$ — $\log. 1 \times 2{,}3026 - 0{,}333 = -0{,}333$

3. Wenn $n = 4$.

1) $m = 3n$ Differenz $= \log. 12 \times 2{,}3026 - 3 = -0{,}530$
2) $m = 2n$ — $\log. 8 \times 2{,}3026 - 2 = +0{,}080$
3) $m = n$ — $\log. 4 \times 2{,}3026 - 1 = +0{,}385$
4) $m = \frac{1}{2}n$ — $\log. 2 \times 2{,}3026 - 0{,}5 = +0{,}192$
5) $m = \frac{1}{3}n$ — $\log. \frac{4}{3} \times 2{,}3026 - 0{,}333 = +0{,}056$

4. Wenn $n = 5$.

1) $m = 3n$ — $\log. 15 \times 2{,}3026 - 3 = -0{,}300$

2) $m = 2n$ Differenz $= \log. 10 \times 2{,}3026 - 2 \quad = +0{,}303$
3) $m = n$ — $\log. 5 \times 2{,}3026 - 1 \quad = +0{,}610$
4) $m = \frac{1}{2}n$ — $\log. \frac{5}{2} \times 2{,}3026 - 0{,}6 \quad = +0{,}415$
5) $m = \frac{1}{3}n$ — $\log. \frac{5}{3} \times 2{,}3026 - 0{,}333 = +0{,}173$

5. Wenn $n = 6$.

1) $m = 3n$ — $\log. 18 \times 2{,}3026 - 3 = -0{,}100$
2) $m = 2n$ — $\log. 12 \times 2{,}3026 - 2 = +0{,}490$
3) $m = n$ — $\log. 6 \times 2{,}3026 - 1 = +0{,}800$
4) $m = \frac{1}{2}n$ — $\log. 3 \times 2{,}3026 - 0{,}5 = +0{,}600$
5) $m = \frac{1}{3}n$ — $\log. 2 \times 2{,}3026 - 0{,}333 = +0{,}357$

Man leitet aus diesen Beispielen ab, daß

1) die Differenz zwischen dem positiven und negativen Theil stets ein Maximum bei gleichem Werth von n ist, wenn $m = n$ setzt.

2) Die Differenz um so bedeutender ist, je größer der Werth von n selbst.

Wir folgern daraus, daß der Ausdruck:

$$Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z} 2{,}3026 - \frac{v}{z} \frac{h'}{h}\right)$$

im Maximum bei constantem Dampfverbrauch ist, wenn man hat:

1. $v : z = h : h'$.
2. h Maximum.

3. Von den verschiedenen Gattungen der Dampfmaschinen.

Die Benennung Gattungen geben wir den verschiedenen Systemen der Construction der Dampfmaschinen, die von besondern Fällen herrühren, welche Veranlassung zu verschiedenen Werthen in der allgemeinen Gleichung von dem Effect geben können:

$$T_r = T_u + t'_r = T_m - t_r = Vh \times 1000$$
$$\left(1 + \log. \frac{v}{z} 2{,}3026 - \frac{v}{z} \times \frac{h'}{h}\right)$$

Wenn man diese Gleichung aufmerksam untersucht, so scheint es, als wenn sie fähig wäre, eben so viel Gattungen von Dampfmaschinen für gleichen Werth von T_r zu geben, als man den veränderlichen Größen V, h, v, z, h', die in dem zweiten Gliede enthalten sind, verschiedene Werthe geben kann.

Jedoch kennt man nur verschiedene Gattungen von Maschinen, welche man aus der allgemeinen Gleichung auf die folgende Weise ableitet, nämlich:

Es sei z = v, so folgt

$$T_r = Vh \times 1000 \left(1 + 0 - \frac{h'}{h}\right)$$

$$= V \times 1000\,(h - h').$$

Diese Gleichung ist die allgemeine Formel für die Maschinen ohne Expansion, während die vorhergehende die allgemeine Formel für die Maschinen mit Expansion ist.

Wenn man in diesen beiden Gleichungen nach einander macht h = 10,32 h′ < 10,32 M., so erhält man:

1) Für h′ = 10,32 M.

Die erstere Gleichung wird, wenn man T_u auf die eine Seite bringt:

$$T_u = -t'_r + Vh \times 1000 (1 + \log. \frac{v}{z} 2,3026 - \frac{v}{z} \frac{10,23 M.}{h} \quad (1)$$

Es ist dies die Formel für die Expansionsmaschinen ohne Condensation.

Die zweite Gleichung wird:

$$T_u = -t'_r + V \times 1000\,(h - 10,32) \;.\;.\;. \quad (2)$$

Es ist dies die Formel für die Maschinen ohne Expansion und ohne Condensation.

2) h′ < 10,32 M.

Die erste Gleichung ist:

$$T_u = -t'_r + Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z}\, 2,3026 - \frac{v}{z} \frac{h'}{h}\right) (3.)$$

Es ist dies die Formel der Maschinen mit Expansion und mit Condensation.

Die zweite Gleichung wird:

$$T_u = -t'_r + 1000\,V\,(h - h') \;.\;.\;.\;.\;. \quad (4)$$

Es ist dies die Formel für die Maschinen ohne Expansion und mit Condensation.

Wir wollen diese vier Gattungen von Maschinen nach und nach näher betrachten.

§. 1. Maschinen ohne Expansion und ohne Condensation.

Die Formel ist:

$$T_u = -t'_s + 1000\,V\,(h - 10,32\ M.)$$

Wenn man diese Formel unter die nachstehende Form bringt:

$$T_u = -t'_r + 1000\,Vh - 1000\,V \times 10,32\ M.$$

das heißt: $T_u = -t'_r + T_m - t_{r'}$

so hat man zum Ausdruck des Verhältnisses zwischen dem ganzen

Nutzeffect und der von dem Widerstande der Luft absorbirten Wirkung

$$\frac{T_m}{t_r} = \frac{1000\ Vh}{1000\ V \times 10{,}32\ M.} = \frac{h}{10{,}32\ M.}$$

und: $$T_m : t_r = h\ 10{,}32\ M.$$

oder: $$T_m \times 10{,}32 = t_r \times h$$

und: $$t_r = \frac{T_m \times 10{,}32\ M.}{h}$$

d. h., daß t_r die von dem Widerstande der Luft absorbirte Leistung im Verhältniß zu der Bruttoleistung um so geringer, je größer h ist; demnach wenn $h = 10 \times 10{,}32$ M., so wird:

$$t_r = \frac{T_m}{10}$$

während, wenn $h = 2 \times 10{,}32$ M., so wird

$$t_r = \frac{T_m}{2}$$

Es folgt daraus, daß man bei diesen Maschinen möglichst hohen Druck anwenden muß, wenn man will, daß der Nutzeffect sich dem Bruttoeffect möglichst nähern soll.

Die Differenzen zwischen der von dem Widerstande der Luft absorbirten Wirkung bei verschiedenem Druck ist derselbe wie der zwischen den Brüchen

$$0,\ \tfrac{1}{2},\ \tfrac{1}{3},\ \tfrac{1}{4},\ \tfrac{1}{5},\ \tfrac{1}{6},\ \tfrac{1}{7},\ \tfrac{1}{8},\ \tfrac{1}{9},\ \tfrac{1}{10}\ \text{rc.},$$

woraus man ersieht, daß nur, wenn $h = 20 \times 10{,}32$ M. die Differenzen unberücksichtigt gelassen werden können.

Der passendste Werth von h würde demnach 20 Atmosphären sein.

§. 2. Maschinen ohne Expansion und mit Condensation.

Die Formel ist: $T_u = -t'_r + 1000\ V\ (h - h')$

Der Werth von T_u ist um so größer, je kleiner der von h' ist. Betrachtet man für einen Augenblick diesen Werth als bestimmt, wenn man h für h' setzt, so lassen sich dieselben Bemerkungen wie vorher machen, und wenn $h = 20\ h'$, so werden die Differenzen zwischen den Verhältnissen des Nutzeffects und dem Widerstande der Luft in dem Condensator unbemerklich werden.

Wenn man h' bestimmen will, so muß man zu folgenden Betrachtungen greifen: Um einen möglichst geringen Druck in dem Raume zu haben, der mit derjenigen Seite des Kolbens in Verbindung steht, welcher dem Dampf entgegengesetzt ist, läßt man in

diesen Dampf einströmen, der die darin befindliche Luft durch eine zu diesem Zweck vorhandene Oeffnung vertreibt. Ist dies geschehen, so verschließt man die Verbindungen dieses Raumes mit Luft und dem Generator und spritzt kaltes Wasser ein. Dieses Wasser erwärmt sich auf Kosten der in dem Dampf enthaltenen Wärme und condensirt oder verdichtet daher den letztern, weßhalb man den Apparat, in welchem dies bewirkt wird, Condensator nennt.

In Folge der Condensation des Dampfes und der Temperaturverminderung, welche das Einspritzen von kaltem Wasser bewirkt, beträgt die Spannung in diesem Apparat nicht mehr als wie sie der Temperatur entspricht, welche wir weiter oben bei den Generatoren mitgetheilten Tabelle angeben. Je mehr kaltes Wasser eingespritzt ist, je niedriger ist die Temperatur des Gemenges von Dampf und Wasser, und um so schwächer ist daher die innere Spannung.

Nun ist noch zu bemerken, daß der Kolben nicht eine ununterbrochene geradlinigte Bewegung macht, sondern daß dieselbe wiederkehrend ist, und daß diese Wiederkehr auf den vorher gemachten Weg nur durch Aufhören der Wirkung des Dampfes, oder durch die Wirkung einer andern Dampfmenge, die eine entgegengesetzte Richtung von der erstern hat, bewerkstelligt wird. Damit die Gegenwirkung der Wirkung gleich sei, muß der Raum, in welchem der Dampf befindlich ist, mit dem Condensator in Verbindung stehen, so daß der benutzte Dampf in denselben strömt.

Es ist demnach nicht hinreichend, in dem Condensator eine nicht mehr oder weniger vollständige Luftleere hervorgebracht zu haben, damit der Kolben vorschreiten kann, sondern es muß diese Luftleere auch fortwährend erhalten werden, da bei jedem Kolbenwechsel Dämpfe hineinströmen. Man muß daher frisches Condensationswasser hineinbringen und damit sich dasselbe nicht in dem Condensator anhänge, so muß die Pumpe mit einer Dampfmaschine versehen sein, welche das Gemenge von kaltem Wasser und verdichtetem Dampf, das den untern Theil des Condensators füllt, herauszieht.

Es sei P das in der Secunde zur Bewegung des Kolbens angewandte Gewicht; da aller dieser Dampf in den Condensator übergeht, so wird die Menge der Dampfeinheiten, welche dahin gelangt durch den Ausdruck:

$$P \times 650$$

bezeichnet werden.

Es sei P′ das zur Verdichtung dieses Dampfes angewendete

Wasser; t die Temperatur des Wassers vor, und t′ die Temperatur nach dem Gemenge.

Die von dem Wasser, welches in den Condensator gelangt, gewonnene Wärme ist:

$$P' (t' - t);$$

Die durch den sich verdichtenden Dampf verloren gehende Wärme ist:

$$P (650 - t').$$

Beide Größen sind offenbar gleich und man erhält daher:

$$P (650 - t') = P' (t' - t).$$

Man leitet daraus ab:

$$P' = P \frac{650 - t'}{t' - t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Giebt man t und t′ verschiedene Werthe, so leitet man aus dieser Gleichung verschiedene Werthe von P′ ab, und aus der Tabelle über die Temperaturen, Volumina und Dichtigkeit des Dampfes (weiter oben bei den Generatoren) verschiedene Werthe von h′.

Je größer t′, um so kleiner ist der Zähler, um so größer ist der Nenner von dem Bruch und folglich um so kleiner der Bruch selbst. Daher je weniger Wasser eingespritzt wird, um so geringer ist die Kraft, um dieses Wasser aus dem Condensator herauszuschaffen.

Für die steigenden Werthe von t′ nehmen die Werthe von h zu; wenn der Widerstand gegen den Kolben steigt, so muß der Werth von h auch zunehmen, wenn man sich dem Gegebenen:

$$h = 20\ h'$$

nähern will, wofür der Nutzeffect von dem Bruttoeffect nur um $\frac{1}{20}$ abweicht.

Es ist demnach auf der einen Seite vortheilhaft, und auf der andern nachtheilig, t′ groß zu machen.

Wenn man daher die Kosten an einen Condensator wendet, so will man damit den Zweck erreichen, um gegen den Kolben einen, im Verhältniß zu dem atmosphärischen möglichst geringen Druck zu haben, und man muß daher dem Zustande den Vorzug geben, in welchem h′ sehr klein, und man muß daher t′ ebenfalls so klein als möglich machen.

Bei abnehmenden Werthen von t′ nimmt P′ zu. Nun muß man bemerken, daß das von der Oberfläche des Bodens aufgenommene Wasser die Eigenschaft hat, eine gewisse Menge Luft,

die = $\frac{1}{20}$ des Volums ist, bei gewöhnlichem Druck aufzunehmen. Es folgt daraus, daß, je mehr Wasser man in den Condensator spritzt, um so mehr Luft auch hinein kommt, die sich unter dem schwachen Druck von dem Wasser befreit und ihre Spannung mit dem des darin enthaltenen Dampfes verbindet.

Wenn man demnach t′ einen geringen Werth giebt, so hat die Warmwasserpumpe, welche den Condensator entleert, eine Arbeit zu verrichten, welche in einem sehr bedeutenden Verhältniß steigt.

Nimmt man die Temperatur des kalten Condensationswassers zu 10 Grad an, eine Temperatnr, welche in dem Brunnen gewöhnlich ist, so erhält man die folgende Tabelle:

Tabelle über die Verdichtung von 1 Kil. Dampf bei verschiedenen Temperaturen.

Werthe von t′.	Werthe von h′ im Wasser.	Werthe von P′.	Volumina der eingeströmten Luft. Bei atmosphärischem Druck.	Beim Druck im Condensator	Volumina, die aus dem Condensator fortgeschafft werden müssen.
	Meter.	Kilogr.	Liter.	Liter.	Liter.
12°	0,146	319,00	15,950	1135,00	1455,00
31	0,430	29,90	1,495	35,90	66,00
38	0,645	22,00	1,100	17,55	40,55
51,45	1,300	14,42	0,721	5,72	21,14

Von diesen vier Werthen von t′ ist der = 38 Grad der gewöhnlich angewendete; in diesem Fall ist h′ = 0,645 M. oder etwa $\frac{1}{16}$ Atmosphäre.

Wenn man h = 20 h′ setzt, so erfolgt

$$h = 20 \times 0{,}645 = 12{,}90 \text{ M.}$$

die 1,25 Atmosphären entsprechen, welches der Druck ist, mit dem diese Maschinen gewöhnlich arbeiten, die man deßhalb Niederdruckmaschinen nennt.

Man hat alsdann als Ausdruck des Nutzeffects nach der oft erwähnten Tabelle über die Eigenschaften des Dampfes, welche V giebt:

$$T_u = -t'_r + 1000 \times 1{,}38 \text{ Kubikm. } (12{,}90 - 0{,}65)$$
$$= -t'_r + 1000 \times 16{,}91 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Man kann sich die Aufgabe stellen, bestimmen zu wollen, unter welchem Druck die Maschine ohne Expansion und ohne Condensation arbeiten müsse, um bei gleichem Gewicht des verbrauch=

ten Dampfes denselben Nutzeffect hervorzubringen, als eine Maschine ohne Expansion aber mit Condensation.

Um diese Frage zu lösen, ist es gut, zu bemerken, daß die Werthe von t' in diesen beiden Fällen nicht gleich sind, daß t'_r in einer Condensationsmaschine viel größer als in einer Maschine ohne Condensation ist, da jene die Luft und die Kaltwasserpumpe bewegen muß.

Wir können demnach den Leistungen folgende Ausdrücke geben:

1) Maschine ohne Expansion und ohne Condensation.

$$T_u + t'_r = 1000\ V\ (h - 10{,}32\ M.)$$

2) Maschine ohne Expansion, aber mit Condensation.

$$T_u + t'_r = 1000 \times 16{,}91$$

Wir suchen nun ferner, für welchen Werth von h, in der ersten Gleichung, die Menge des Nutzeffects $T_u + t_r$ in beiden Fällen gleich sind.

Zu dem Ende ist es hinreichend:

$$1000\ V\ (h - 10{,}32) = 1000 \times 16{,}91$$

und nach der Reduction $\quad V\ (h - 10{,}32) = 1691$

daher die folgende Tabelle:

Tabelle über den Nutzeffect von 1 Kil. Dampf ohne Expansion und Condensation bei verschiedenem Druck.

Werthe von h.	Werthe von V.	Werthe von V (h — 10,32).
Meter.	Kub. Met.	
20,64	0,900	9,30
30,96	0,619	12,70
41,28	0,475	14,70
51,60	0,391	16,18
61,92	0,329	16,98

Man folgert daraus, daß, theoretisch genommen, erst ungefähr bei 6 Atmosphären der Nutzeffect der Maschinen ohne Condensation und Expansion gleich dem ist, welchen die Condensationsmaschinen, ohne Expansion, bei gleichem Gewichte des Dampfverbrauches geben. Jedoch ist es wegen des Condensationsapparates wahrscheinlich, daß 5 Atmosphären bei einer Maschine ohne Condensation hinreichend sind, damit in beiden Fällen der Nutzeffect gleich sei.

§. 3. Maschinen mit Expansion ohne Condensation.

Die Formel für diese Maschine (1) ist:

$$T_u = -t_r' + 1000\,V h \left(1 + \log.\frac{v}{z}\, 2{,}3026 - \frac{v}{z}\,\frac{10{,}32}{h}\right)$$

Nun haben wir weiter oben gesehen, daß das Maximum des Dampfes in dem zweiten Gliede dieser Gleichung zweien Verhältnissen entspricht:

1) $v : z = 10{,}32$ daher $\frac{v}{z} \times \frac{10{,}32}{h} = 1.$

2) h Maximum

Ersetzen wir in der Gleichung den Ausdruck: $\frac{v}{z} \times \frac{10{,}32}{h}$ durch 1, so erhalten wir als vereinfachten Ausdruck des Nutzeffects die Formel:

$$T_u = t'_r + 1000 \, Vh \log. \frac{v}{z} 2{,}3026 \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

Wenn man dieser Formel die Form giebt:

$$T_u + t'_r = 1000 \, S z h \log. \frac{v}{z} 2{,}3026$$

so wird der Factor $zh \log. \frac{v}{z} 2{,}3026$ für alle Werthe von h in der Fig. 21., Taf. XXVI. dargestellt und man hat in derselben:

$oA = v$ $oB = 10$ Atmosphären,

u. für: $h = 1$ Atm. $z = oA$ $zh \log. \frac{v}{z} 2{,}302 = 0$

2 —	. . oi	= 1 2 i′ C
3 —	. . oh	= 1 3 h′ C
4 —	. . og	= 1 4 g′ C
5 —	. . of	= 1 5 f′ C ꝛc.
ꝛc.	ꝛc.	ꝛc.

Indem man noch bemerkt, daß oAC1 der Widerstand der Luft auf der entgegengesetzten Kolbenseite gleich den Rechtecken ist:

oii′2, ohh′3, ogg′4, off′5, ꝛc.

§. 4. Maschinen mit Expansion und Condensation.

Die Formel ist

$$T_u = - t'_r + Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z} 2{,}3026 - \frac{v}{z} \frac{h'}{h}\right)$$

Diese Formel unterscheidet sich von der für die Maschinen mit Expansion aber ohne Condensation dadurch, daß 10,32 M. dnrch h′ ersetzt worden sind. Nun stellt h′ die Höhe einer Wassersäule dar, die zur Basis die Kolbenoberfläche hat und einen Druck bezeichnet, welcher proportional der Ausdehnung dieser Oberfläche

ist. Es ist dies daher ein der Luft analoger Widerstand, und es ist ganz offenbar, daß, wenn man h im Verhältniß zu dieser Größe verschiedene Werthe giebt, wie 2h' 3h' 4h' rc., man wie oben findet, daß das Maximum des Nutzeffectes dem Werthe von h entspricht, für den man hat:

$$v : z = h : h'.$$

h' schwankt gewöhnlich zwischen $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{16}$ Atmosphäre. Nimmt man die Zahl $\frac{1}{8}$ an, so folgern wir daraus, daß für h = 10,32 M. man v = 8z machen müsse; für h = 20,64 v, v = 16z rc. Es beweist dieß, daß, wenn sich die Dämpfe bei der Expansion wirklich wie die Gase verhalten, man nicht mit einem sehr starken Druck arbeiten müsse, um einen nicht zu großen Nutzeffect zu erlangen.

Es seien wirklich:

$$h' = \frac{10{,}32}{8},$$

welches im Maximum ist, und

$$h = 10{,}32$$
$$v = 8z,$$

man erhält als Ausdruck des Nutzeffects:

$$T_u = - t'_r + Vh \times \log. 8 \times 2{,}3026 \times 1000,$$

welches auf einen Kil. Dampf, nach der weiter oben bei den Generatoren eingetheilten Tafel giebt:

$$T_u = - t'_r + 17550 \times \log. 8 \times 2{,}3026 = 17550 \times 2{,}08.$$

Wenn man statt 17550 h' = 0 annimmt, so erhält man es ohne Expansion, d. h. mehr als das Doppelte.

Nun hat man: $17550 \times 2{,}08 = 36500.$

Bei 6 Atmosphären Expansion, aber ohne Condensation, erhält man nach den oben mitgetheilten Tabellen fast dieselbe Zahl, denn man hat:

$$20400 \times 1{,}80 = 36720.$$

Man sieht daher, wie zweckmäßig es sein würde, die Versuche über Expansion für Dampfschiffe, mehr auf die Niederdruck- als auf die Hochdruckmaschinen ohne Condensation zu richten, da die Anwendung der letztern in Beziehung auf die Kessel so schwierig ist, indem man bei den Hochdruckkesseln dieser Art innere Herde und Feuerkanäle anbringen kann.

§. 5. Maschinen mit zwei Cylindern.

Diese Maschinen, von denen Fig. 22., Taf. XXVI. einen Durchschnitt durch die Cylinder giebt, arbeiten mit Expansion und

gewöhnlich auch mit Condensation. Man nennt diese Maschinen nach ihrem Erfinder auch Woolf'sche. Sie unterscheiden sich von den gewöhnlichen Expansionsmaschinen dadurch, daß sie einen Kolben haben, der stets mit Hochdruck arbeitet, welches einen geringeren Unterschied zwischen dem Druck zu Anfang und zu Ende des Laufs veranlaßt; allein die Expansion ist fix. Wenn einmal das Verhältniß zwischen dem Inhalt der beiden Cylinder festgestellt ist, so ist die Expansion auch bestimmt und bleibt für jeden Druck, mit dem die Maschine arbeitet, unveränderlich.

1. Erklärung der Wirkungsart des Dampfes.

Der aus dem Kessel strömende Dampf kommt durch die Röhre S herbei, tritt durch die Oeffnung t auf den Kolben P und wirkt während seines ganzen Laufes mit gleichem Druck. Der Dampf, welcher bei dem vorhergehenden Kolbenzuge gewirkt hat, geht aus dem Raume C durch die Oeffnung b, durch die Leitung e und die Oeffnung a in den großen Cylinder und wirkt auf dessen Kolben P′, jedoch mit verändertem Druck in dem Maß als der Kolben abwärts geht.

Endlich strömt der Dampf, welcher in dem großen Cylinder gewirkt hat, durch die Oeffnung c und die Leitung d zum Condensator.

2. Erklärung des Effects.

Der Effect oder die Arbeit besteht:

Plus. Aus der Wirkung des constanten Dampfdruckes auf den kleinen Kolben während dessen ganzen Laufs.

Minus. Aus dem veränderlichen Widerstande gegen den kleinen Kolben, den der Dampf leistet, welcher sich zwischen ihm und dem großen Kolben befindet.

Plus aus der Leistung des Dampfes, der mit abnehmendem Druck auf den großen Kolben, während dessen ganzen Laufes wirkt.

Minus aus dem constanten Widerstande, welchen der in dem Condensator enthaltene Dampf dem großen Kolben entgegensetzt.

3. Berechnung der Leistung oder der Arbeit.

Kleiner Kolben; Kraft. Die Wirkung des Dampfes auf den Kolben P ist, wenn man das Volum des kleinen Cylinders mit V bezeichnet:

$$V \times h \times 1000$$

Widerstand. Da der Raum unter dem kleinen Kolben mit dem Raume über dem großen in Verbindung steht, so ist der

Druck, den der Dampf nach beiden Richtungen hin ausübt, gleich. Wenn nun h′ den mittleren Druck bezeichnet, so ist der Widerstand gegen den kleinen Kolben während des durchlaufenen Weges c:

$$s \times c \times h' \times 1000,$$

und die Leistung des großen Kolbens während des durchlaufenen Weges C ist:

$$S \times C \times h' \times 1000.$$

S und s sind die Kolbenoberflächen, sc und SC stellen die Volumina der Cylinder dar und man hat:

$$sch' \times 1000 : SCh' \times 1000 = sc : SC = V : V'$$

Wenn R der dem Kolben entgegengesetzte Widerstand ist, und T die Arbeit des Großen, so deducirt man aus dem obigen Verhältniß:

$$R = T\frac{V}{V'}.$$

Großer Kolben; Kraft. Um die durch den großen Kolben hervorgebrachte Arbeit zu bestimmen, müssen wir zuvörderst zeigen, daß die Expansion in dem großen Cylinder genau auf dieselbe Weise bewirkt wird, als wenn nur ein Cylinder vorhanden wäre.

Zu dem Ende bemerken wir zuvörderst, daß in dem Ausdruck $\log.\frac{v}{z}\,2{,}3026$, welcher auf die Maschinen mit einem einzigen Cylinder angewendet wird, man sehr leicht $\frac{v}{z}$ durch $\frac{V'}{V}$ ersetzen kann, wobei V′ das ganze Volum des Dampfes am Ende des Laufes, und V wie vorher, das Volum vor der Expansion ist.

Wirklich hat man für diese Maschinen, wobei S die Kolbenoberfläche darstellt:

$$V = S \times z$$
$$V' = S \times v$$

Daher: $$\frac{V'}{V} = \frac{v}{z}.$$

Man kann daher in dem obigen Ausdruck v und z durch V′ und V ersetzen, welches giebt:

$$\text{Log.}\,\frac{V'}{V}\,2{,}3026.$$

Wir wollen jetzt zeigen, daß die Ausdehnung des Dampfes

in zwei Cylindern durchaus auf dieselbe Weise bewirkt wird, wie in einem einzigen.

Wirklich kann man das Volum des großen Cylinders gleich dem Vierfachen des kleinen annehmen; es sei auch ferner der Lauf des kleinen Kolbens in zehn gleiche Theile getheilt. Wenn nun dieser Kolben um $\frac{1}{10}$ vorgeht, so ist das Volum, welches der große Kolben P in seinem Cylinder erzeugt, das Vierfache von dem in dem kleinen Cylinder hervorgebrachten. Man kann daher die folgende Tabelle aufstellen:

Tabelle der Volumina, welche von den Kolben zweier Cylinder für jedes Zehntel des Laufes hervorgebracht haben.

Zehntel, um welche der kleine Kolben vorrückt.	Volum unter dem kleinen Kolben.	Volum über dem großen Kolben.	Summa beider Volumina.	Zehntel, um welche der kleine Kolben vorrückt.	Volum unter dem kleinen Kolben.	Volum über dem großen Kolben.	Summa beider Volumina.
0	10	0	10	6	4	24	28
1	9	4	13	7	3	28	31
2	8	8	16	8	2	32	34
3	7	12	19	9	1	36	37
4	6	16	22	10	0	40	40
5	5	20	25				

Nun haben wir eine Maschine mit einem einzigen Cylinder, der bei einem Viertel expandirt, und es sei der Theil zwischen dem Punkte der Expansion und dem Ende in 10 gleiche Theile getheilt. Da die Expansion bei $\frac{1}{4}$ des Laufes beginnt, so ist dieser Theil des Laufes 3 Mal so groß, als der ohne Expansion. Wir folgern daraus, daß von dem Punkte der Expansion aus bis zu dem Ende des Laufes die von dem Kolben hervorgebrachten Volumina, an den oben erwähnten Theilpunkten, in Zehnteln des Theils von dem Laufe vor der Expansion ausgedrückt sind:

10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37, 40,

genau, als wenn die Expansion in zwei Cylindern stattgefunden hätte.

Es folgt daraus, daß die Arbeit des großen Kolbens ist:

$$Vh \times 1000 \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026.$$

Bayerische Staatsbibliothek München

Widerstand. Der Widerstand, den der Dampf in dem Condensator leistet, ist, wenn man den constanten Druck des letzteren mit h' bezeichnet;

$$S \times C \times h \times 1000;$$

und indem man SC durch V' ersetzt:

$$V' h' \times 1000.$$

Zieht man die Summe dieser verschiedenen Ausdrücke, so erhält man:

1. Für die Arbeit des kleinen Kolbens: . . $+ Vh \times 1000$

$$- \frac{V}{V'} Vh \times 1000 \log. \frac{V'}{V} 2,3026;$$

2. Für die Arbeit des großen Kolbens:

$$+ Vh \times 1000 \log. \frac{V'}{V} 2,3026$$

$$- V' h' \times 1000.$$

Zieht man die Summe und setzt: $Vh \times 1000$ als gemeinschaftlichen Factor, so erhält man:

$$T_m = Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{V'}{V} 2,3026 \left(1 - \frac{V}{V'}\right) - \frac{V' h'}{V h}\right),$$

ein Ausdruck, der, von dem für die Maschine mit einem einzigen Cylinder nur darin verschieden ist, daß der Factor $1 - \frac{V}{V'}$, welcher, so klein auch $\frac{V}{V'}$ sein mag, selbst immer < 1 ist; dies bezeichnet, daß bei diesen Maschinen der theoretische Nutzeffect geringer als bei denen mit einem einzigen Cylinder ist.

Wirklich hat man bei einer Maschine mit 4 Atmosphären ohne Condensation und mit Expansion bei $\frac{1}{4}$, nach dieser Formel:

$$T_m = Vh \times 1000 \times \frac{3}{4} \log. \frac{V'}{V} 2,3026;$$

während man mit einer andern hat:

$$T_m = V h \times 1000 \times \log. \frac{V'}{V} 2,3026.$$

Wie man sieht, sind diese Maschinen **ohne Condensation** unzweckmäßig.

Mit Condensation gewinnt man diese theoretische Differenz sehr leicht, indem man an einem hohen Punkte expandirt,

Bayerische Staatsbibliothek München

welches sich leichter als bei Maschinen mit einem Cylinder bewerkstelligen läßt.

Wiederholung.

Betrachten wir eine Atmosphäre als Effectiv-Druck des Dampfes in den Cylindern der Maschinen ohne Expansion und mit Condensation, die wir Niederdruckmaschinen nennen;

3 Atmosphären als Effectivdruck des Dampfes in den Cylindern der Maschine ohne Expansion und ohne Condensation, die wir Hochdruckmaschinen nennen;

4 Atmospären als anfänglicher absoluter Druck des Dampfes in den Cylindern der Expansionsmaschinen.

Die vier Gleichungen für die Arbeit wären:

1. Niederdruckmaschinen, $T_u = - t_r' + 10320 \times 0{,}785\, D^2\, v$;

2. Hochdruckmaschinen, $T_u' = - t_r'' + 31000 \times 0{,}785\, D'^2\, v$;

3. Expansionsmaschinen:

Bei einem Viertel ohne Condensation, $T_u'' = - t_r''' + 57000 \times 0{,}785\, D''^2 \times \frac{1}{4}\, v$;

Bei einem Achtel mit Condensation $T'''_u = - t_r'''' + 518000 \times 0{,}785\, D'''^2 \times \frac{1}{8}\, v$.

Die Größen T_u, T_u', T_u'', T_u''' sind das, was man den Nutzeffect oder die Kraft der Maschinen nennt.

Die Größen t_r', t_r'', t_r''', t_r'''' sind das, was man die durch Reibung verlorene Arbeit nennt. Die Werthe dieser Größen sind nach der Kraft dieser Gattung von Maschinen verschieden. Nennt man K den Coefficienten des Nutzeffecten im Verhältniß zu der hervorgebrachten Arbeit T_r in den Niederdruckmaschinen, so hat man im Allgemeinen nach den Gattungen:

1. Niederdruckmaschinen, $T_u = K T_r$
$t_r' = (1 - K)\, T_r$;

2. Hochdruckmaschinen, $T_u' = 1{,}2\, K T_r$;
$t_r'' = (1 - 1{,}2\, K)\, T_r'$;

3. Expansionsmaschinen,
Ohne Condensation, $T_u'' = 1{,}1\, K T_r''$
$t_r''' = (1 - 1{,}1\, K)\, T_r'''$;
Mit Condensation, $T_u''' = K T_r'''$.
$t_r'''' = (1 - K)\, T_r'''$.

Wollen wir die relativen Werthe der Durchmesser der Trieb-

kolben für eine gleiche hervorzubringende Kraft haben, ist es hinreichend, zu setzen:

$$T_u = T_u' = T_u'' = T_u''',$$

das heißt:

$$KT_r = 1{,}2\ KT_r' = 1{,}1\ KT_r'' = KT_r''',$$

und indem man T_r, T_r', T_r'', T_r''' durch ihre weiter oben gegebenen Werthe ersetzt:

$$K \times 10320\ D^2 = 1{,}2\ K \times 31000\ D'^2 = 1{,}1\ K \times 14250\ D''^2 = K \times 14750\ D'''^2.$$

Macht man in diesen Gleichungen $D = 1{,}000$
so erhalten wir: $D' = 0{,}526$
$D'' = 0{,}810$
$D''' = 0{,}837.$

Diese Verhältnisse sind diejenigen, die zwischen den Durchmessern der Triebkolben bei Maschinen von gleichen Kräften existiren müssen; sie haben gleiche Geschwindigkeit und entsprechen den Bedingungen des Druckes und der Expansion, die weiter oben festgestellt worden sind.

Vierter Artikel.

Uebertragung der Bewegung.

Die Bewegungsübertragung ist derjenige Theil der Dampfmaschinen, der den Zweck hat, die Verwandlung der wiederkehrend geradlinigten Bewegung der Triebkolbenstange, in der die Kraft concentrirt ist, zu bewirken; in diejenige, entweder wiederkehrend geradlinigte einer anderen Stange, oder in die continuirlich kreisförmige Bewegung einer Welle, in denen der Widerstand concentrirt ist.

Es gehören hierher: 1) eine Leitung der Triebkolbenstange; 2) eins oder mehrere andere Stücke der Bewegungs-Verwandlung; 3) ein Schwungrad, welches als Regulator wirkt.

Von den Stücken der Verwandlung der Bewegungen, welche angewendet werden können, giebt es besonders 3, welche ausschließlich vorgezogen werden, nämlich: den Balancier, die Kurbelstange und die Kurbel. Es werden diese Stücke bald für sich allein oder bald zusammen angewendet.

Wenn eine Maschine mit einem Balancier versehen ist, so besteht die Leitung fast immer in einem Parallelogramm.

Wenn die Verwandlung der Bewegung zu gleicher Zeit in einem Balancier, einer Kurbelstange und einer Kurbel besteht, so

sind die Hauptdimensionen, denen man der Gesammtheit dieser Stücke geben muß, den Durchmesser des Triebkolbens einer Niederdruckmaschine als eins angenommen, folgende, nämlich:

Parallelogramm, Länge	1,50
— Breite	1,00
Balancier, Länge	6,00
Kurbelstange, Länge	5,00
Kurbel, Halbmesser	1,00
Schwungrad, Durchmesser	6,00

Diese Dimensionen entsprechen sehr gut den theoretischen Bedingungen, die eine regelmäßige Bewegungsübertragung in Anspruch nehmen. Nur die Dimensionen der Kurbel allein oder die der Kurbel und der Kurbelstange kann man verändern, ohne daß die Bewegungsübertragung leidet, vorausgesetzt, daß in dem letzteren Falle die Länge der Kurbelstange stets gleich oder wenigstens den vierfachen Halbmesser der Kurbel habe; das Verhältniß 5 : 1 muß so viel als möglich erhalten bleiben.

Der Querdurchschnitt des Kranzes von dem Schwungrade wird nach dem Gewichte bestimmt, welchen dieses Stück haben muß. Diese Gewichtsbestimmung wird auf folgende Weise bewerkstelligt.

Gewicht der Schwungradkränze.

Wir haben weiter oben im 14. Capitel der 2. Abtheilung als Ausdruck für die Größe der von dem Schwungrade absorbirten Arbeit, wenn das Moment der Kraft größer als das des Widerstandes ist, gefunden:

$$T = 0{,}00222 \frac{P\,R^2\,m^2}{n},$$

eine Gleichung in welcher man hat:

P, Gewicht des Kranzes in Kilogr.

R, Halbmesser des Schwungrades in Metern.

m, Anzahl der Umdrehungen des Schwungrades in der Minute.

n, Willkürlicher Divisor, der zwischen 20 und 30 schwankt.

Man leitet daraus ab: $$P = T \frac{n}{0{,}00222\,R^2\,m^2} \qquad (1)$$

In dieser Gleichung ist T die Differenz zwischen der Größe der übertragenen und der von dem zu überwindenden Widerstande absorbirten Arbeit. Um diese Größe zu bestimmen, seien: o Fig. 23. Taf. 26. der Mittelpunkt der Peripherie, welche die Warze a

der Kurbel mit dem Radius r beschreibt. F ist die von der Kurbelstange übertragene Kraft, und Q der Widerstand, welcher tangentiell auf die Peripherie wirkt.

Wenn die Warze der Kurbel einen Umgang macht, so durchläuft die Kraft einen Durchmesser beim Niedergange und eine andere beim Aufgange, wogegen der Widerstand eine Peripherie durchläuft.

Wenn die Bewegung gleichförmig ist, so ist die ganze durch die Kraft verbrauchte Arbeit gleich der ganzen von dem Widerstande absorbirten.

Nun ist die Kraft F, wenn man die Wirkung des Vertheilungsmoderators unberücksichtigt läßt, eine bald constante, bald veränderliche Größe, je nachdem die Maschine mit oder ohne Expansion arbeitet. Der Widerstand Q ist dagegen eine theoretisch constante Größe.

Es sei nun F welches es wolle, so ist der Hebelarm der Kraft von dem Punkte c bis zu dem Punkte d zwischen o und r verschieden, der des Widerstandes ist dagegen constant.

Es folgt daraus, daß, während das Moment des Widerstandes stets constant ist, das der Kraft fortwährend veränderlich bleibt, sei es nun durch ihren Hebelarm allein, oder durch ihren Hebelarm selbst.

Man muß daher zwei Fälle berücksichtigen, nämlich: den Fall, in welchem die Kraft constant ist, welches den Maschinen ohne Expansion entspricht; zweitens den Fall, in welchem die Kraft veränderlich ist, wie bei den Expansionsmaschinen.

§. 1. Schwungrad für eine Maschine ohne Expansion.

F constant.

Wenn F constant ist, so hat man:

Von der Kraft während einer Umdrehung der Kurbel verbrauchte Arbeit $F \times 4r$;

Von dem Widerstande während einer Umdrehung der Kurbel verbrauchte Arbeit $Q \times 2\pi r$.

Ist die Bewegung der Maschine gleichförmig, so sind die am Ende einer jeder Umdrehung verbrauchten und absorbirten Arbeitsmengen gleich unter einander und:

$$F \times 4r = Q \times \pi r.$$

Man leitet daraus die folgende Formel ab:

$$Q = \frac{2}{\pi} F. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Wenn ferner x den veränderlichen Hebelarm der Kraft darstellt, so hat man:

Moment der Kraft . . . . $F \times x$;
Moment des Widerstandes . . $Q \times r$.

Um die Punkte a und a' zu bestimmen, an denen diese beiden Momente gleich sind, braucht man nur zu setzen:

$$F \times x = Q \times r.$$

Man leitet aus dieser Gleichung ab:

$$x = r \frac{Q}{F},$$

und indem man Q durch seinen aus der Gleichung (2) entlehnten Werth ersetzt:

$$x = \frac{2}{\pi} r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Die von der Kraft zwischen den Punkten a und a' verbrauchte Arbeit wird dargestellt durch:

$$F \times a\,a' \text{ oder } F = b\,b'.$$

Nun hat man in dem Dreieck o a b:

$$o\,b^2 = r^2 - a\,b^2 = r - x^2 = r - \frac{4}{\pi^2} r^2,$$

daher:

$$o\,b = \frac{r}{\pi} \sqrt{\pi^2 - 4};$$

man folgert daraus: $b\,b' = 2\,o\,b = \frac{2\,r}{\pi} \sqrt{\pi^2 - 4}$.

Führt man die angegebenen Berechnungen aus, so erhält

$$\left.\begin{array}{ll} \text{man:} & b\,b' = 1{,}55\,r \\ \text{und folglich:} & c\,b + b\,d = 0{,}45\,r \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Die durch die Kraft zwischen den Punkten a und a' verbrauchte Arbeit wird ausgedrückt durch:

$$F \times 1{,}55\,r. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Die von dem Widerstande zwischen den Punkten a und a' absorbirte Kraft ist gleich:

$$Q \times \text{arc } a\,g\,a'.$$

Nun hat man: $f\,g = r - x = 0{,}364\,r$ (Gleich. 3.);
man folgert daraus: $b\,b' : f\,g = 1{,}55 : 0{,}364 = 1 : 0{,}235$.

Nun wird für eine Höhe des Bogens $= 0{,}235$ seine Länge im Verhältniß zu der Sehne ausgedrückt durch:

$$1{,}14136;$$

man hat demnach: Bogen $a\,g\,a' = 1{,}14136 \times 1{,}55\,r$
$= 1{,}77\,r$;

und für den Ausdruck der durch den Widerstand absorbirten Arbeit:

$$Q \times 1{,}77\ r.$$

Ersetzt man Q durch seinen Werth $\frac{2}{\pi}$ F (Gleich. 2) so hat man endlich:

$$\text{absorbirte Arbeit} = F \times 1{,}13\ r \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Wiederholen wir nun das Obige, so haben wir:

Verbrauchte Arbeit (Gleich. 5) .	$F \times 1{,}55\ r$
Absorbirte Arbeit (Gleich. 6) . .	$F \times 1{,}13\ r$
Unbenutzte Arbeit	$F \times 0{,}42\ r.$ (7)

Diese Größe 0,42 Fr ist es, welche die durch das Schwungrad zwischen den beiden Punkten a und a′ absorbirte Arbeit bestimmt, und man hat demnach:

$$T = F \times 0{,}42\ r.$$

Ersetzt man T durch diesen Werth (Gleich. 1) so erhalten wir:

$$P = F \times 0{,}42\ r\ \frac{n}{0{,}00222\ R^2\ m^2}$$

$$= 189\ \frac{r\ n\ F}{R^2 m^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Es seien die relativen Rotationsgeschwindigkeiten des Schwungrades und der Kurbel, welche sie wollen, wie man sich überzeugen kann, wenn man bemerkt, daß der Werth von T unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit der Kurbel ist.

Wendet man diese Formel auf die Maschinen ohne Expansion und mit Condensation an, deren Hauptdimensionen die weiter oben mitgetheilten sind, so erhalten wir:

D, Kolbendurchmesser;
$F = K \times 0{,}785\ D^2 \times 10320 = 8100\ K\ D^2$;
$r = D$;
$n = 25$;
$R = 3\ D$;
m veränderlich;

$$P = 189\ \frac{D \times 25 \times 8100\ K\ D^2}{9\ m^2\ D^2} = 4{,}250{,}000\ \frac{K\ D}{m^2}$$

und die folgende Tabelle:

Tabelle von dem Gewichte und dem Durchschnitte der Schwungradgrenze für Dampfmaschinen ohne Expansion.

Kolbendurchmesser bei Niederdruck. D.	Coefficienten des Nutzeffectes. K.	Anzahl der Schwungradumdrehungen in der Minute. m.	Gewicht der Kränze in Kilogr. P.	Querschnitte der Kränze in Quadratcentimetern.
Meter.				
0,05	0,40	52	31	46
0,10	0,41	49	73	54
0,15	0,42	46	126	62
0,20	0,43	43	198	73
0,25	0,44	40	292	86
0,30	0,45	38	397	98
0,35	0,46	36	528	112
0,40	0,47	34	688	127
0,45	0,48	32	890	146
0,50	0,49	30	1155	171
0,55	0,50	29	1390	188
0,60	0,51	28	1660	205
0,65	0,52	27	1970	224
0,70	0,53	26	2340	247
0,75	0,54	25	2750	271
0,80	0,55	24	3250	300
0,85	0,56	23	3820	332
0,90	0,57	22	4500	370
0,95	0,58	21	5300	412
1,00	0,59	20	6280	465
1,10	0,60	19	7750	521
1,20	0,61	18	9600	591
1,30	0,62	17	11800	670
1,40	0,63	16	14650	773
1,50	0,64	15	18200	892
1,60	0,65	14	22500	1040
1,70	0,66	13	28200	1230
1,80	0,67	12	35500	1460
1,90	0,68	11	45100	1760
2,00	0,69	10	58500	2160

Die letztere Colonne dieser Tabelle ist unter der Annahme berechnet worden, daß der Schwungraddurchmesser $= 6\,D$ sei. Der folgende Ausdruck stellt das Volum des Kranzes annähernd dar, nämlich:

$$6\,\pi\,D \times s;$$

da die Dichtigkeit des Gußeisens 7,2 ist, so hat man zum Ausdrucke des Gewichtes:

$$P = 7200 \times 6\,\pi\,D\,s,$$

und alle Reductionen gemacht: $P = 135500\,D\,s$;

daher: $$s = 0{,}0000074\,\frac{P}{D}\ \text{Quadratmeter,}$$

und: $$s = 0{,}074\,\frac{P}{D}\ \text{Quadrat-Centimeter.}$$

§. 2. Schwungrad für eine Expansionsmaschine.

F veränderlich.

Es sei φ der mittlere Werth von F, so hat man wie vorher:

Von der Kraft während einer Kurbelumdrehung verbrauchte Arbeit . . . . $\varphi \times 4\,r$;

Von dem Widerstande während einer Kurbelumdrehung verbrauchte Arbeit . . . . $Q \times 2\,\pi\,r$;

und: $$Q = \frac{2}{\pi}\,\varphi.$$

Um φ zu bestimmen, hat man die Formel der Arbeit

$$T_m = 1000\,V\,h\left(1 + \log.\frac{v}{z}\,2{,}3026 - \frac{v\,h'}{z\,h}\right),$$

in welcher $T_m = \varphi$ ist, multiplicirt mit der Geschwindigkeit v des Triebkolbens.

Man leitet daraus folgende Gleichung ab:

$$\varphi = \frac{1000\,V\,h}{v}\left(1 + \log.\frac{v}{z}\,2{,}3026 - \frac{v}{z}\,\frac{h'}{h}\right),$$

und: $$Q = \frac{2000\,V\,h}{\pi\,v}\left(1 + \log.\frac{v}{z}\,2{,}3026 - \frac{v}{z}\,\frac{h'}{h}\right).$$

Um die Punkte zu bestimmen, an denen das Moment der Kraft gleich dem des Widerstandes ist, besteht die schnellste Methode darin, die Arbeit graphisch darzustellen. Jedoch müssen wir vorher bemerken, daß wenn die Maschinen ohne Expansion arbeiten, der Werth von F in jedem Augenblicke für alle Stellungen und bei jedem Drucke gleich ist, vorausgesetzt, daß die zu übertragende Kraft constant sei; daß ferner bei Expansionsmaschinen dasselbe nicht stattfinde und daß in diesem Falle der Werth von F in jedem Augenblicke und bei jeder Maschine nicht allein nach dem Drucke h und dem Expansionspunkte, sondern auch darnach verschieden sei, ob die Maschine mit oder ohne Expansion betrieben werde.

Da man die Frage auf keine allgemeine Weise lösen kann, so müssen wir die Formeln, welche zur Bestimmung des Gewichts der Schwungräder für die beiden folgenden besonderen Fälle,

welche die gewöhnlichsten sind, suchen. Es sind diese Fälle nämlich:

Maschine mit Expansion bei einem Viertel des Kolbenlaufes und ohne Condensation.

Maschine mit Expansion bei einem Achtel des Kolbenlaufes und mit Condensation.

1. Gewicht und Durchschnitt des Schwungradkranzes für eine bei einem Viertel des Kolbenlaufes expandirende Maschine, ohne Condensation.

In diesem Falle hat man: $h = 41,28$ M.

$$v = 4\,z$$

$$\frac{v\,h'}{z\,h} = 1,$$

und:
$$Q = \frac{2000 \times 41,28\,V}{4\,\pi\,z} \log.\,4 \times 2,3026.$$

Ersetzt man V durch $S \times z$, und bewirkt man die angegebenen Berechnungen, so erhält man als Werth von Q im Verhältniß zu der Oberfläche des Triebkolbens:

$$Q = 9120\,S\,. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Es seien (Fig. 1., Taf. 40.)*):

o, der Mittelpunkt der von der Kurbel beschriebenen Peripherie;

A B, ein Durchmesser $= 2\,r$;

A C, eine Höhe, welche den anfänglichen Druck $h = 41,28$ M. ausdrückt;

A D, das Viertel von $A\,B = z'$.

Die Curve E F, die mittelst der Gleichung gezogen worden ist:

$$x\,y = z'\,h,$$

stellt die Grenzen der Werthe von dem verschiedenen Drucke in Metern Wasser ausgedrückt dar, mit welchem der Dampf auf den Triebkolben während seines Laufes, von dem Punkte D bis zu dem Punkte B einwirkt.

Theilen wir den Durchmesser A B in 10 gleiche Theile, und erheben wir aus jedem der Theilungspunkte Senkrechte auf diese gerade Linie, welche die halbe Peripherie, welche die Kurbelwarze durchlaufen hat, an den Punkten a, b, c, d, e, f, g, h, i, und es

---

*) Die Tafel 40. kann erst dem dritten Theile beigegeben werden.

wird die Grenzlinie des verschiedenen Druckes stattfinden, an den Punkten a′, b′, c′, d′, e′, f′, g′, h′, i′.

Mißt man die Hebelarme der Kraft aa″, bb″, cc″, dd″, ꝛc., so wie den Druck a′a″, b′b″, c′c″, d′d″ ꝛc., so erhält man:

a a″ = i i″ = 0,60 r
b b″ = h h″ = 0,80 r
c c″ = g g″ = 0,91 r
d d″ = f f″ = 0,97 r
e o = r

und: a′a″ = b′b″ = h = 41,28 M.
c′ c″ = 34,50
d′ d″ = 25,90
e′ o″ = 20,75
f′ f″ = 17,25
g′ g″ = 14,80
h′ h″ = 12,95
i′ i″ = 11,50
B F = 10,32

Da die Maschine ohne Condensation arbeitet, so ist der Effectivdruck des Dampfes auf den Kolben die Differenzen zwischen den oben gegebenen und 10,32 M., d. h. die Höhen zwischen CEF und der geraden Linie FG, die aus dem Punkte F parallel mit AB gezogen worden ist, nämlich:

an den Punkten a′ . . . 30,96 M.
b′ . . . 30,96
c′ . . . 24,18
d′ . . . 15,58
e′ . . . 10,43
f′ . . . 6,93
g′ . . . 4,48
h′ . . . 2,63
i′ . . . 1,18
F . . . 0,00

Die Momente der Theilungskraft an den verschiedenen Punkten der Peripherie sind folglich:

A. 1000 S × 30,96 M. × 0,00 = 0
a. . . . . 30,96 × 0,60 r = 18600 S r
b. . . . . 30,96 × 0,80 r = 24800 S r
c. . . . . 24,18 × 0,91 r = 22000 S r
d. . . . . 15,58 × 0,97 r = 15100 S r
e. . . . . . 10,43 × r = 10430 S r

f.	$6,93 \times 0,97\ r$	=	6720 S r
g.	$4,48 \times 0,91\ r$	=	4090 S r
h.	$2,63 \times 0,80\ r$	=	2100 S r
i.	$1,18 \times 0,60\ r$	=	708 S r
B.	$0,00 \times 0,00$	=	0.

Der Moment des Widerstandes ist stets (Gleich. 9):

9120 S r.

Es sei A B Fig. 2. eine gerade Linie = 2 r, welche durch die Theilungspunkte A, a, b, c, d ꝛc. in 10 gleiche Theile getheilt worden ist; man erhebe aus diesen Punkten Senkrechten, auf denen wir durch Längen die verschiedenen Coefficienten der Ausdrücke darstellen wollen, die für jeden der Punkte a, b, c ꝛc. der Fig. 1. die Momente der Kraft und des Widerstandes geben. Wir erhalten demnach:

1) als geometrischen Punkt der Momente des Widerstandes, die Linie C D, parallel mit A B, für welche man hat:

C A = 9120.

2) Für den geometrischen Punkt der Momente des Widerstandes, die Curve A a' b' c' d' e' f' g' h' i' B, deren Ordinaten aa', bb', cc' ꝛc. gleich den Coefficienten 18600, 24800 ꝛc. sind, die wir vorher gefunden haben.

Diese Curve schneidet C D in den beiden Punkten E F, und an diesen Punkten sind daher die Momente des Widerstandes und der Kraft gleich. Bei einer genauen Messung der Entfernungen C E und E F finden wir:

C F = 0,10 r

E F = 0,96 r.

Wir übertragen diese Größe auf die Linie A B Fig. 1., wobei wir von dem Punkte A ausgehen, welches uns die beiden Punkte H I giebt, auf welchen wir zwei Senkrechten mm' und nn' erheben.

Nun ist aber das Produkt durch die Kraft zwischen den beiden Punkten H I gleich:

1000 S (Oberfl. Hm' ED + Oberfl. DEn' I — Oberfl. HH' II'),

Ausdruck, in welchem man hat:

$$\text{Oberfl. Hm' ED} = r\,(0,5 - 0,10)\ 41,28 = 16,50\ r;$$

$$\text{Oberfl. DE n' I} = 0,5\ r \times 41,28\ \log.\ \frac{A\,I}{A\,D}\ 2,3026.$$

Oder: $A\,I = A\,H + H\,I = r\,(0,10 + 0,96) = 1,06\ r;$

$$\text{daher Oberfl. DE n' I} = 20,64\ r\ \log.\ \frac{1,06}{0,50}\ 2,3026 = 15,45\ r;$$

Oberfl. H H′ I I′ = 10,32 × 0,96 r = 9,90 r.

Ersetzt man die Oberflächen in den Parenthesen durch ihre Werthe, so erhält man als Ausdruck des Nutzeffects:

$$1000 \text{ r S } (16{,}50 + 15{,}45 - 9{,}90),$$

oder bei gehöriger Reduction: 22050 r S.

Die durch den Widerstand absorbirte Arbeit ist in derselben Zeit folgende:

$$Q \times \text{Bog. mn.}$$

Q ist = 9120 S; der sorgfältig gemessene Bogen m n ist = 1,16 r; man hat demnach, indem man Q und m n durch ihre Werthe ersetzt:

$$9120 \text{ S} \times 1{,}16 \text{ r},$$

oder bei der gehörigen Reduction: 10600 r S.

Wir leiten daraus ab:

Nutzeffect	22050 r S
durch den Widerstand absorbirte Arbeit .	10600 r S
durch das Schwungrad absorbirte Arbeit .	11450 r S

Man erhält alsdann durch das Schwungrad (Gleich. 1):

$$P' = 11450 \text{ r S } \frac{n}{0{,}0022 \text{ R}^2 \text{ m}^2}$$

$$= 5200000 \frac{\text{r n S}}{\text{R}^2 \text{ m}^2} \text{. . . . . . . (10)}$$

Wenn wir diese Formel auf Expansionsmaschinen ohne Condensation anwenden, welche die oben angegebenen Hauptdimensionen haben, so erhalten wir:

S = K × 0,785 D''^2, D″ Triebkolbendurchmesser;
D″ = 0,81 D (siehe weiter oben);
r = D;
n = 25;
R = 3 D;
m variabel.

$$P' = 5{,}200{,}000 \frac{\text{KD} \times 25 \times 0{,}785 \times 0{,}655 \text{ D}^2}{9 \text{ D}^2 \times \text{m}^2}$$

und nachdem die Reductionen vorgenommen worden sind:

$$P' = 7{,}450{,}000 \frac{\text{K D}}{\text{m}^2}.$$

Wir haben weiter oben für das Gewicht des Schwungrades der Maschinen ohne Expansion gefunden:

$$P = 4{,}250{,}000 \frac{\text{K D}}{\text{m}^2}.$$

Wir leiten daraus ab:

$$P' = P \frac{745}{425} = 1{,}755\,P. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

und daraus die folgende Tabelle:

Tabelle über das Gewicht und die Durchschnitte der Schwungradwellen der Expansionsmaschinen bei einem Viertel, ohne Condensation, und mit anfänglichem Druck von vier Atmosphären.

Kolbendurchmesser bei Niederdruck D.	Durchschnittliche Durchmesser der Expansionskolben D″ = 0,81 D.	Gewicht der Kränze in Kilogramm.	Querschnitte der Kränze in Quadratcentimetern.
Meter.	Meter.		
0,05	0,04	55	81
0,10	0,08	128	95
0,15	0,12	220	109
0,20	0,16	347	128
0,25	0,20	510	151
0,30	0,24	695	172
0,35	0,28	926	196
0,40	0'32	1200	223
0,45	0,36	1560	256
0,50	0,40	2030	300
0,55	0,44	2440	330
0,60	0,48	2910	360
0,65	0,52	3450	394
0,70	0,56	4100	435
0,75	0,60	4820	476
0,80	0,64	5700	528
0,85	0,68	6700	582
0,90	0,72	7900	650
0,95	0,76	9300	723
1,00	0,80	11000	815
1,10	0,88	13600	915
1,20	0,96	16850	1040
1,30	1,04	20650	1175
1,40	1,12	25750	1360
1,50	1,20	32000	1570
1,60	1,28	39500	1820
1,70	1,36	49500	2160
1,80	1,44	62100	2560
1,90	1,52	79000	3090
2,00	1,60	102500	3800

2. Gewicht und Durchschnitt der Schwungradkränze bei Expansionsmaschinen bei einem Achtel des Kolbenlaufes und mit Condensation.

Man hat in diesem Falle:

$$h = 41{,}28 \text{ M.}$$
$$v = 8\,z$$
$$h' = \frac{10{,}32}{8}$$
$$\frac{v\,h'}{z\,h} = 0{,}25;$$

und weiter oben:

$$Q = \frac{2000 \times 41{,}28\ V}{8\,\pi\,z}\,(0{,}75 + \log.\ 8 \times 2{,}3026).$$

Ersetzen wir V durch S z und führen wir die angegebenen Berechnungen aus, so erhalten wir die Werthe von Q im Verhältniß zu der Triebkolbenoberfläche:

$$Q = 9360\ S. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad (12)$$

Es seien Fig. 3. Tafel 40. wie vorher:

o, der Mittelpunkt der Peripherie, die von der Kurbelwarze beschrieben wird;

A B, ein Durchmesser $= 2\,r$;

A C, eine Höhe, welche den anfänglichen Druck $h = 41{,}28$ ausdrückt;

A D, der achte Theil von $AB = z''$.

Die Curve E F, die mittelst der Gleichung construirt ist:

$$x\,y = z''\,h,$$

stellt die Grenzen von den Werthen des verschiedenen Druckes in Metern einer Wassersäule des Dampfes auf den Triebkolben während seines Laufes von dem Punkte D bis zum Punkte B dar.

Theilen wir nun den Durchmesser A B in 10 gleiche Theile und erheben wir aus jedem Theilungspunkte Senkrechte auf diese gerade Linie, welche die von der Kurbelwarze beschriebene halbe Peripherie mit den Punkten a, b, c, d, e, f, g, h, i und die Grenzlinie des verschiedenen Druckes an den Punkten a', b', c', d', e', f', g', h', i' treffen.

Messen wir nun die Hebelarme der Kraft aa'', bb'', cc'' 2c., so wie den Druck a' a'', b' b'', c' c'' 2c., so erhalten wir für die Hebelarme dieselben Zahlen wie vorher, und für den Druck:

$$a'\,a'' = 41{,}280 \text{ M.}$$
$$b'\,b'' = 25{,}750$$

$c'c'' = 17{,}250$
$d'd'' = 12{,}900$
$e'e'' = 10{,}320$
$f'f'' = 8{,}600$
$g'g'' = 7{,}375$
$h'h'' = 6{,}450$
$i'i'' = 5{,}775$
$BF = 5{,}160$

Da die Maschine mit Condensation arbeitet, so ist der Effectivdruck des Dampfes auf den Kolben die Differenz zwischen dem oben gegebenen und $\frac{10{,}32}{8}$, d. h. 1,29 Met. dargestellt durch die Höhen zwischen C E F und der geraden Linie F G, geführt durch den Punkt F parallel mit A B, nämlich:

An den Punkten	a′	39,990
	b′	23,460
	c′	15,960
	d′	11,610
	e′	9,030
	f′	7,310
	g′	6,085
	h′	5,160
	i′	4,485
	F	3,870

Die Momente der Kraft an den verschiedenen Theilungspunkten der Peripherie sind die folgenden:

An den Punkten A.	$1000\,S \times 39{,}990 \times 0{,}00$	$= 0$
a. . . .	$39{,}990 \times 0{,}60\,r$	$= 24000\,S\,r$
b. . . .	$23{,}460 \times 0{,}80\,r$	$= 18700\,S\,r$
c. . . .	$15{,}960 \times 0{,}91\,r$	$= 14500\,S\,r$
d. . . .	$11{,}610 \times 0{,}97\,r$	$= 11250\,S\,r$
e. . . .	$9{,}030 \times r$	$= 9030\,S\,r$
f. . . .	$7{,}310 \times 0{,}97\,r$	$= 7100\,S\,r$
g. . . .	$6{,}085 \times 0{,}91\,r$	$= 5520\,S\,r$
h. . . .	$5{,}160 \times 0{,}80\,r$	$= 4130\,S\,r$
i. . . .	$4{,}485 \times 0{,}60\,r$	$= 2700\,S\,r$
B. . . .	$3{,}870 \times 0{,}00$	$= 0$

Das Moment des Widerstandes ist fortwährend gleich (Gleich. 12):

$$9160\,S \times r.$$

Es sei A B Fig. 4., Tafel XL. eine gerade Linie $= 2\,r$, die in 10 gleiche Theile getheilt ist; aus den Theilpunkten A, a, b, c ꝛc. erheben wir Senkrechte, auf denen wir durch Längen die verschiedenen Coefficienten der Ausdrücke darstellen, die für jeden der Punkte a, b, c ꝛc. der Fig. 2. das Moment der Kraft und des Widerstandes geben; wir erhalten auf diese Weise:

1) vier geometrische Punkte der Momente des Widerstandes, die Linie C D parallel mit A B, für welche man hat:

$$CA = 9360;$$

2) für die geometrischen Punkte der Momente der Kraft, die Curve A a', b' c' d' e' f' g' h' i' B, deren Ordinaten aa', bb' ꝛc. gleich den weiter oben gefundenen Coefficienten 24000, 18700 ꝛc. sind.

Diese Curve trifft C D in den beiden Punkten E F; und an diesen sind demnach die Momente der Kraft und des Widerstandes gleich.

Messen wir die Entfernungen C E, E F genau, so finden wir:

$$CE = 0{,}08\,r$$
$$EF = 0{,}89\,r.$$

Wir tragen diese Größe auf die Linie A B Fig. 3. von dem Punkte A ab, auf, welches uns die beiden Punkte H und I giebt, aus denen wir zwei Senkrechte m m' und n n' erheben.

Nun ist die zwischen den beiden Punkten H und I hervorgebrachte Arbeit gleich:

1000 S (Oberfl. Hm'ED + Oberfl. DEn'I — Oberfl. HH'II'), Ausdruck, in welchem man hat:

Oberfl. Hm'ED $= r\,(0{,}25 - 0{,}08)\ 41{,}28 = 7{,}02\,r$

Oberfl. DEn'I $= 0{,}25\,r \times 41{,}28\ \log.\ \frac{AI}{AD}\ 2{,}3026.$

Oder: $AI = AH + HI = r\,(0{,}08 + 0{,}89) = 0{,}97\,r;$

daher: Oberfl. DEn'I $= 10{,}32\,r\ \log.\ \frac{0{,}97}{0{,}25}\ 2{,}3026 = 13{,}80\,r$

Oberfl. HH' II' $= 1{,}29 \times 0{,}89\,r = 1{,}15\,r;$

ersetzt man die in Parenthesen eingeschlossenen Oberflächen durch ihre Werthe, so erhält man als Ausdruck des Nutzeffectes:

$$1000\,r\,S\,(7{,}02 + 13{,}80 - 1{,}15),$$

oder mit den erforderlichen Reductionen: 19670 r S.

Die von dem Widerstande in derselben Zeit absorbirte Arbeit ist: Q $\times$ Bogen mn.

$Q = 9360$ S; der Bogen m n, mit Sorgfalt gemessen, ist $= 1{,}12$ r; man hat demnach, indem man Q und m n durch ihre Werthe ersetzt:

$$9360\,S \times 1{,}12\,r,$$

oder reducirt: 10480 r.

Wir leiten daraus ab:

Nutzeffect	19670 r S
durch den Widerstand absorbirte Arbeit .	10480 r S
durch das Schwungrad absorbirte Arbeit .	9190 r S

Man erhält alsdann für das Gewicht des Schwungrades (Gleich. 1):

$$P'' = 9190\,r\,S\,\frac{n}{0{,}00222\,R^2\,m^2}$$

$$= 4150000\,\frac{r\,n\,S}{R^2\,m^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (13)$$

Wenn wir diese Formel auf die Maschinen mit Expansion und Condensation anwenden, welche die weiter oben angegebenen Hauptdimensionen haben, so erhalten wir:

$S = K \times 0{,}785\,D'''^2$, D''' Durchmesser des Triebkolbens;
$D''' = 0{,}837\,D$ (weiter oben);
$r = D$;
$n = 25$;
$R = 3\,D$;
$m =$ variabel.

$$P'' = 4{,}150{,}000\,\frac{KD \times 25 \times 0{,}785 \times 0{,}7\,D^2}{9 \times D^2\,m^2}$$

und reducirt: $P'' = 6{,}320{,}000\,\frac{K\,D}{m^2}$.

Wir haben weiter oben für das Gewicht des Schwungrades der Maschine ohne Expansion gefunden:

$$P = 4{,}250{,}000\,\frac{K\,D}{m^2}$$

und ebenfalls weiter oben für das Gewicht des Schwungrades der Maschine mit Expansion, aber ohne Condensation:

$$P' = 7{,}450{,}000\,\frac{K\,D}{m^2}.$$

Wir leiten daraus ab:

$$P'' = \frac{632}{425}\,P = 1{,}49\,P$$

und: $$P'' = \frac{632}{745} P' = 0{,}85\,P',$$

und daraus die nachstehende Tabelle:

Tabelle über das Gewicht und die Querschnitte der Schwungradkränze der Expansionsmaschine bei einem Achtel, mit Condensation und anfänglichem Druck von vier Atmosphären.

Durchmesser der Kolben bei Niederdruck D.	Durchmesser der Kolben bei Expansion. $D''' = 0{,}837\,D$.	Gewicht der Kränze in Kilogramm.	Querschnitte der Kränze in Quadratcentimetern.
Meter.	Meter.		
0,05	0,042	46	69
0,10	0,084	109	81
0,15	0,126	188	92
0,20	0,168	295	110
0,25	0,210	435	128
0,30	0,252	592	146
0,35	0,294	785	167
0,40	0,336	1022	190
0,45	0,378	1327	217
0,50	0,420	1720	255
0,55	0,462	2075	280
0,60	0,504	2470	306
0,65	0,546	2940	335
0,70	0,588	3480	366
0,75	0,630	4100	405
0,80	0,672	4850	447
0,85	0,714	5700	495
0,90	0,756	6700	551
0,95	0,798	7900	613
1,00	0,840	9360	679
1,10	0,924	11550	780
1,20	1,008	14300	883
1,30	1,092	17600	1000
1,40	1,176	21900	1155
1,50	1,260	27150	1335
1,60	1,344	33500	1550
1,70	1,428	42000	1840
1,80	1,512	53000	2175
1,90	1,596	67200	2620
2,00	1,680	87200	3230

Fünfter Artikel.

Condensation.

Die Condensation ist derjenige Theil der Maschinen, die wir Condensationsmaschinen nennen, welcher den Zweck hat, in dem Cylinder eine möglichst vollständige Luftleere auf derjenigen Seite des Kolbens hervorzubringen, die der, welche mit dem Kessel in Verbindung steht, entgegengesetzt ist.

Zu dem Ende besteht der Apparat aus zwei Hauptheilen, nämlich: aus dem Condensator und aus der Luftpumpe.

Der Condensator ist ein geschlossener, hinlänglich großer Raum, in den einerseits der Dampf einströmt, der im Cylinder zu wirken aufgehört hat, und anderntheils ein Strahl kalten Wassers in gehöriger Richtung eingespritzt wird, um die Condensation des Dampfes rasch zu bewirken.

Die Luftpumpe ist eine gewöhnliche, hinreichend große Wasserpumpe, um aus dem Condensator das warme Wasser, welches sich in jedem Augenblicke in demselben bildet, so wie die sich daselbst, sowohl aus den benutzten Dämpfen als auch aus dem eingespritzten kalten Wasser entwickelt, wegzunehmen.

Es sind mit diesem Apparate zwei Tröge verbunden, von denen der eine, als Kaltwassertrog, als Reservoir für das Einspritzwasser dient, der andere dagegen, der Warmwassertrog, das Wasser aus der Luftpunpe aufnimmt.

Dimensionen der Condensatoren und Luftpumpen.

Wir sahen weiter oben, wie man die Wassermenge P′ bestimmt, die in den Condensator eingespritzt werden muß, um ein Kil. Dampf von gegebener Temperatur t zu verdichten. Wir sahen auch, daß 38 Grad C. die vortheilhafteste Temperatur für die Condensation sei, und daß in diesem Falle das Volum der ausgedehnten Luft das 20fache von dem des eingespritzten Wassers betrage.

Gehen wir von diesen Daten aus, so bestimmen wir die Dimensionen der Condensatoren und Luftpumpen auf die folgende Weise:

Was nun die Dimensionen des Condensators betrifft, so giebt es kein theoretisches Calcul, um sie scharf zu bestimmen. Wenn diese Apparate sehr groß sind, so wird freilich die Condensation gut bewirkt, dagegen aber die Luftleere schlecht, da es Schwierigkeiten hat, die Luft zu entfernen, welche sich jedes.

mal darin befindet, wenn man die Maschine in Gang setzt. Sind die Condensatoren dagegen klein, so dehnt sich der in den Cylinder strömende Dampf fast gar nicht aus, übt einen Gegendruck gegen den Triebkolben aus, welcher in dem Maße nach und nach abnimmt, in welchem die Condensation stattfindet. Diese beiden Nachtheile der extremen Dimensionen sind die Veranlassung, daß man diesen Apparaten nur eine mittlere Größe giebt.

Im Allgemeinen ist der Condensator ein Cylinder von gleicher Räumlichkeit mit dem Körper der Luftpumpe, mit Ausnahme einiger besondern Fälle, bei denen eine andere Form bequemer ist, wie z. B. bei den Schiffsdampfmaschinen.

In Betreff der Luftpumpen bemerken wir, daß, wenn man V' das Volum darstellt, welches ihr Kolben hervorbringen muß, um ein Kilogr. Dampf zu verdichten, man, nach der Tabelle, die wir weiter oben bei dem praktischen Nutzeffecte der Dampfmaschinen mitgetheilt haben und unter der Bemerkung, daß die Pumpen nie mehr als 0,75 von dem berechneten Volum geben:

$$0{,}75\ V' = 0{,}04055 \text{ Cubikm.}$$

und:

$$V' = 0{,}054 \text{ Cubikm.}$$

Es sei V das Volum des bei einem Kolbenlaufe ohne Expansion, aber mit Condensation verbrauchten Dampfes. Nehmen wir ferner an, daß bei jedem Kolbenzuge durch die Leitungen und Oeffnungen, durch welche der Dampf strömt, so wie durch das Spiel im Cylinder ein Dampfvolum verloren geht, welches gleich $\frac{V}{n}$ ist; n ist eine ganze und positive Zahl, welche nach der Vollkommenheit, mit der die Maschinen ausgeführt worden sind, verschieden ist.

Das Volum des bei jedem Kolbenzuge zu verdichtenden Dampfes wird dargestellt durch:

$$V\left(1 + \frac{1}{n}\right);$$

das Gewicht eines Cubikmeters Dampf bei $1\frac{1}{4}$ Atmosphäre = 0,72 Kilogr., das eines Cylinders =:

$$0{,}72\ V\left(1 + \frac{1}{n}\right);$$

man hat alsdann das Verhältniß:

$$1 \text{ Kil. Dampf} : 0{,}054 \text{ C. M.} = 0{,}72\ V\left(1 + \frac{1}{n}\right) \text{ Kil. Dampf} : x;$$

woraus man ableitet: $x = 0{,}04\ V \left(1 + \frac{1}{n}\right)$ . . . (1)

Dieser Ausdruck ist der des Volums, welches der Luftpumpenkolben erzeugt, während der Triebkolben das Volum V hervorbringt.

Wenn man in dieser Gleichung x durch $0{,}785\ D'^2 \times C'$, und V durch $0{,}785\ D^2 \times C$ ersetzt, indem D und D' die Kolbendurchmesser und C und C' ihre Läufe sind, so erhält man:

$$D'^2\,C = 0{,}04\ D^2\,C \left(1 + \frac{1}{n}\right)$$

und $$D' = 0{,}2\ D \sqrt{\frac{C}{C'}\left(1 + \frac{1}{n}\right)} \quad . \; . \; . \quad (2)$$

Nehmen wir eine gewöhnliche Balancirmaschine als Beispiel. Die Luftpumpe ist in diesem Falle einfach wirkend und der Lauf ihres Kolbens ist die Hälfte von dem des Triebkolbens. Es folgt daraus, daß wenn der Triebkolben 2 C durchlaufen hat, der Luftpumpenkolben wirksam nur $\frac{1}{2}$ C durchlaufen hat, woraus folgt, daß man hat:

$$2\,C : \tfrac{1}{2}\,C = C : C' = \tfrac{1}{4}\,C;$$

ersetzen wir C' durch diesen Werth (in der Gleich. 2), so erhalten wir:

$$D' = 0{,}4\ D \sqrt{1 + \frac{1}{n}}$$

n schwankt zwischen 5 und 10; nehmen wir es = 5, so erhalten wir endlich:

$$D = 0{,}44\ D \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

Dieser Werth von D' ist nicht der allgemein angenommene. Ist es Erfahrung? Wir glauben diese letztere Hypothese annehmen zu müssen. Watt machte $D' = \frac{2}{3}\,D$, und man hat sich daher wenig von diesem gegebenen Verhältnisse entfernt. Es rührt dies daher, daß das Condensationswasser nicht immer kalt ist; daß sich eine Maschine mit einer starken Luftpumpe weit leichter in Betrieb setzen läßt, als mit einer schwachen; endlich daß der Dampf eine gewisse Quantität Wasser mit sich nimmt, welches ihn verdichten muß.

Wir glauben, daß es möglich ist, zu einem genügenden Resultate zu gelangen, wenn man macht:

$$D' = 0{,}6\ D \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

In diesem Falle erhält man für das in dem Luftpumpenkolben im Verhältniß zu V erzeugte Volum:

$$x' = \frac{0,36}{0,194}\,x = 1,86\,x = 0,074\ V\left(1 + \frac{1}{n}\right),$$

d. h. fast das Doppelte von dem, welches die Theorie angiebt, wenn man den verlorenen Dampf berücksichtigt.

Formen und Einrichtungen der Condensations-Apparate.

Die Formen und Einrichtungen der Condensationsapparate sind nach den Einrichtungen der Maschinen, bei denen sie angewendet, verschieden. Die Luftpumpen, welche das wichtigste Stück bilden, sind im Allgemeinen einfach wirkend, saugend und hebend. Sie unterscheiden sich von den meisten Punkten derselben Art dadurch, daß sie statt 2 Obturations- oder Verschließungsapparate zu haben, nämlich einen vor und einen auf dem Kolben, sie meistentheils 3 haben, nämlich 2 wie die obigen, und den dritten nach dem Kolben, und wenn sie nur 2 Verschlüsse haben, so sind es immer die beiden letztern, die man anwendet. Es ist dies eine Folge der eigenthümlichen Umstände, unter denen diese Punkte wirken.

Wirklich, so gut wie die Arbeit des Ansaugens in einem Condensator, in welchem eine mehr oder weniger vollständige Leere existirt, identisch mit derjenigen ist, welche in einer gewöhnlichen Pumpe einer 8 oder 9 Meters hohen saugenden Säule erfolgt, so unterscheidet sich die Art und Weise der Wirkung dadurch, in einer gewöhnlichen Pumpe, daß wenn die Luft ausgetrieben ist, die Hebung der Obturatoren nur dann stattfindet, wenn der aufwärts wirkende Druck stärker als der abwärts wirkende ist, oder umgekehrt, wenn der Druck nach unten geringer als nach oben geworden ist. Wenn nun der senkrechte Kolben niedergeht, wenn seine obere Fläche dem Drucke der Atmosphäre ausgesetzt ist, so hebt sich der Obturator, mit welchem er versehen ist, nur erst dann, wenn der Druck in der unteren Kammer, der höchstens $\frac{1}{8}$ Atmosphäre betrug, höher, als der einer Atmosphäre geworden ist. Wenn dagegen die über dem Kolben befindliche Kammer durch einen Obturator verschlossen ist, so nimmt der darin befindliche Druck, der anfänglich gleich dem der Atmosphäre war, nach und nach in dem Maße ab, in welchem der untere zunimmt, und die Hebung des Obturators, mit welchem der Kolben versehen ist, erfolgt weit schneller. Es folgt daraus, daß derjenige Theil der elastischen Flüssigkeit, der unter dem Kolben befindlich ist, über

denselben steigt und eine raschere Hebung des aufwärts gehenden Obturators beim Aufwärtsgehen des Kolbens gestattet.

Man kann dagegen den Einwurf machen, daß wenn der Obturator des niedergehenden Kolbens stets bis zu der unzusammendrückbaren Flüssigkeit gelangen muß, es ganz unwesentlich sei, ob seine Hebung früher oder später erfolge. Das ist zwar richtig, allein es ist nicht immer so, hauptsächlich in dem Augenblicke, in welchem die Maschine in Betrieb gesetzt wird, und eine gute Anzahl von Kolbenzügen hebt selbst während des Ganges nur Luft weg.

Der Obturator der oberen Kammer ist daher sehr wesentlich, und was denjenigen anbetrifft, der gewöhnlich zwischen dem Condensator und der unteren Kammer vorhanden ist, so ist er dadurch wesentlich nützlich, daß er beim Niedergange des Kolbens die Hebung des Kolbenobturators beschleunigt, indem er den Raum, in welchen die Luft zusammengedrückt wird, die sich unter dem letztern befindet, wenn er niedergeht, kleiner macht, und wir halten es daher für sehr nachtheilig, diesen Obturator wegzulassen.

Fig. 12., Tafel XX. stellt einen Condensationsapparat dar, deren Luftpumpe mit 3 Obturatoren versehen ist. A ist der Kaltwassertrog; der Condensator B und die Luftpumpe C stehen darin unter Wasser, und werden darin so kalt als möglich erhalten. Da nun außerdem diese Theile in keiner Berührung mit der äußeren Luft stehen, so kann, wenn einmal Undichtigkeiten in den Fugen oder in der Liederung der Stopfbüchse der Luftpumpe vorhanden sind, nie etwas Anderes als Wasser hineindringen, und dies hat durchaus keinen nachtheiligen Einfluß auf ihre Wirkung, wobei freilich vorausgesetzt werden muß, daß die Menge des eintretenden Wassers nur unbedeutend ist.

Das einzige Nachtheilige dieser Einrichtung besteht darin, daß das in der Luftpumpe enthaltene Wasser unnütz abgekühlt wird, da dieses Wasser zum Theil zur Speisung der Kessel benutzt wird. Anderntheils ist es freilich nachtheilig, wenn das Condensationswasser nicht so kalt als möglich ist. Unseres Erachtens würde es zweckmäßig sein, den Luftpumpenstiefel mit einem Mantel zu umgeben, der nur aus Holz oder aus jeder anderen Substanz zu bestehen braucht, die nicht wärmeleitend ist.

D ist ein Trog für das warme Wasser, mit zwei Oeffnungen versehen, von denen die eine a am Boden des Kastens mit einer Röhre verbunden ist, die das Wasser der Speisepumpe zuführt, während die mit der Oeffnung b an einem Ende der oberen Wand

verbundene Röhre das überflüssige Wasser abführt. Der Dampf gelangt durch die Röhre c in den Condensator; das Condensationswasser durch die Röhre d, die von dem Boden des Troges ausgeht, indem dort das Wasser am wenigsten warm ist. Ein Hahn e, der durch das Gestänge f leicht gedreht werden kann, dient zur Regulirung der Einspritzung.

Klappenventile sind diejenigen Obturatoren, die ausschließlich bei dem Condensator angewendet werden. In g befindet sich dasjenige, welches den Condensator von der unteren Kammer der Luftpumpe trennt, und bei h dasjenige, welches die obere Kammer der Luftpumpe von dem Kaltwasserkasten scheidet; das erste befindet sich in einem leicht zugänglichen Sitze und das zweite im Innern des Warmwasserkastens selbst. Der Kolben wird auf die in den Fig. 24 — 31., Taf. XV. angegebene Weise construirt.

In i befindet sich das Auslaßventil für die Luft, sobald die Maschine in Gang gesetzt werden soll; es ist in einem kleinen Kasten befindlich, welcher Wasser enthält, um einen luftdichten Verschluß zu veranlassen (Fig. 13.).

Der hier beschriebene Condensationsapparat nimmt einen sehr bedeutenden Platz ein, und wird daher wo möglich immer in den Fundamenten angebracht, er ist hauptsächlich für große Maschinen anwendbar; denn bei kleinen ist es zweckmäßiger, eine solche Einrichtung zu treffen, wonach Condensator und Luftpumpe vereinigt sind, wobei der Kaltwassertrog unnöthig ist, wenigstens als Abkühlungsapparat.

Fig. 14., Taf. XX. stellt die Einrichtung des mit der Luftpumpe vereinigten Condensators dar, wie es am gewöhnlichsten angewendet wird. Bei dieser Einrichtung sind nur zwei Klappen erforderlich, das des Kolbens und das des Druckes, wogegen das Saugventil weggelassen worden ist. Wir haben schon weiter oben das Nachtheilige dieses Weglassens auseinander gesetzt und halten daher diese Einrichtung für durchaus nicht zweckmäßig, so sinnreich sie übrigens auch sein mag. Wir werden weiter unten die verschiedenen Abänderungen kennen lernen, welche der Condensationsapparat bei verschiedenen Einrichtungen von Gattungen und Systemen der Maschinen hat.

Sechster Artikel.

Speisung.

Die Speisung ist derjenige Theil der Dampfmaschinen, wo-

durch die ganze zu ihrem Betriebe und zu ihrer Wirkung erforderliche Wassermenge herbeigeschafft wird.

Zu dem Ende umfaßt sie eine Reihe von Apparaten, von denen die hauptsächlichsten die folgenden beiden sind:

1) Die Kaltwasserpumpe, welche der Maschine das kalte Wasser liefert. Sie zieht es entweder aus einem Brunnen, oder aus einem benachbarten laufenden Wasser, und führt es einem Troge zu, aus welchem es den verschiedenen Punkten zufällt, an denen es benutzt werden soll.

2) Die Speisepumpe, welche ausschließlich dazu benutzt wird, den Wasserstand des Kessels constant zu erhalten.

Bei gleicher Kraft der Maschine giebt es zwei Dimensionen der Kaltwasserpumpe, je nachdem eine Condensation stattfindet oder nicht; jedoch giebt es nur einerlei Dimension der Speisepumpe, sei die Gattung der Maschine auch welche sie wolle.

Kaltwasserpumpe.

Die Kaltwasserpumpen sind gewöhnlich einfachwirkende.

Wenn die Maschinen ohne Condensation arbeiten, so werden die Dimensionen der Kaltwasserpumpe nach der zur Speisung erforderlichen Menge bestimmt, d. h. mittelst derselben Betrachtungen, die sich auf die Speisepumpe beziehen, von der wir später reden.

Jedoch rechnet man stets auf einen etwas größern Wasserverbrauch, so daß es nie daran fehlt, und daß man auch die Kessel füllen kann, wenn sie der Reinigung wegen entleert worden sind.

Arbeiten die Maschinen mit Condensation, so werden die Dimensionen der Kaltwasserpumpe nach folgenden Betrachtungen bestimmt. Die Wassermenge, welche von der Verdichtung von 1 Kil. benutzten Dampf herrührt, beträgt ungefähr 25 Liter. Es folgt daraus, daß, wenn man alles Wasser als Dampf betrachtet, welches von dem Kessel nach dem Triebcylinder strömt, indem man dabei die Menge der Liter Wasser zu Grunde legt, welche die Speisepumpe in den Kessel schafft, die Kaltwasserpumpe 25 Liter liefern muß.

Wenn d und d′ die Durchmesser der beiden Punkte darstellen, und e′ ihre Kolbenläufe, so hat man bei gleichen Geschwindigkeiten

$$d^2 c = 25\, d'^2 c';$$

daher:
$$d^2 = 25\, d'^2 \frac{c'}{c};$$

und: $$d = 5\,d' \sqrt{\frac{c'}{c}}.$$

Die Kaltwasserpumpen sind entweder saugend und hebend, oder saugend und drückend.

Die am häufigsten bei den Saugpumpen in Anwendung kommenden Einrichtungen sind die in den Fig. 15, Taf. **XX.** und Fig. 1 Taf. **XXI.** dargestellten.

Die Einrichtung der Fig. 1 Taf. **XXI.** hat gegen die Fig. 15 Taf. **XX.** den Vortheil, daß mittelst der Ventilkammer an dem untern Theil des Pumpenkörpers die Untersuchung des Saugventils sehr erleichtert wird. Wendet man eine Druckpumpe an, so hat dieselbe die Einrichtung von Fig. 2 und 3 Taf. **XXI.**, Fig. 2 hat wie Fig. 15 Taf. **XX.** das Nachtheilige, die Untersuchung der Ventile zu erschweren, und es wird daher auch Fig. 3 vorzugsweise angewendet.

Speisepumpe.

Die Speisepumpen sind einfach wirkend; ihre Dimensionen werden nach folgenden Betrachtungen bestimmt; es seien nämlich:

D der Durchmesser des Triebkolbens bei Niederdruck.

C der Lauf desselben.

d' der Durchmesser des Speisepumpenkolbens.

c' der Lauf desselben.

Wenn die Speisepumpe von dem Balancier der Maschine bewegt wird, so wirkt der Kolben derselben bei jedem doppelten Zuge des Triebkolbens einmal; die während dieser Zeit verbrauchte Dampfmenge wird dargestellt durch:

$$2 \times 0{,}72\ \text{K.} \times 0{,}785\ D^2 \times C.$$

Nehmen wir an, daß eine Wassermenge gleich der wirklich benutzten verloren gehe, entweder durch die Ventile oder die Röhren, oder endlich auch, daß es auf irgend eine andere Weise entwichen sei, so beträgt das Gewicht des Wassers, welches bei jedem doppelten Kolbenzug geliefert werden muß:

$$4 \times 0{,}72 \times 0{,}785\ D^2 C. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Das von dem Kolben der Speisepumpe während dieser Zeit erzeugte Volum ist:

$$0{,}785\ d'^2 \times c',$$

und da die Pumpen nur 0,75 von dem berechneten Volum geben, so ist das wirklich zu dem Kessel gelangende Volum:

$$0{,}75 \times 0{,}785\ d'^2\, c';$$

sein Gewicht ist:

$$1000 \times 0{,}75 \times 0{,}785\, d^2 c' \ldots \quad (2)$$

Um das constante Niveau in den Kesseln zu erhalten, muß die Speisung dem Verbrauch gleich sein, man hat demnach, indem man die Ausdrücke (1 und 2) gleich macht:

$$4 \times 0{,}72 \times D^2\, C = 1000 \times 0{,}75 \times d'^2\, c'.$$

Man leitet aus dieser Gleichung ab:

$$d'^2 = 0{,}00385\, D^2 \frac{C}{c'}$$

und:

$$d' = 0{,}062\, D \sqrt{\frac{C}{c'}} \ldots \quad (3)$$

Nimmt man diese Formel an, so erhält man für die Speisepumpe selten einen hinreichenden Durchmesser, da sie dem Kessel nur gerade so viel Wasser zuführt, als er verbraucht. Nun geht aber, wenn die Maschine aufgehalten wird, stets Dampf verloren, und andererseits, wenn die Maschine im Betriebe ist und die Speisepumpe wirkt schlecht, so muß man die Speisung, um die Ventile zu untersuchen, unterbrechen. In diesen beiden Fällen muß man daher den Kesseln während einer gewissen Zeit mehr Wasser zuführen, als sie verbrauchen. Um ein solches Resultat zu erlangen, muß die Speisepumpe einen stärkeren Durchmesser haben, als nothwendig erforderlich ist, und aus diesem Grunde wendet man statt des Coefficienten 0,062, stets den Coefficienten 0,07 an, welches giebt:

$$d' = 0{,}07\, D \sqrt{\frac{C}{c'}} \ldots \quad (4)$$

Wenn man in dieser Gleichung macht:

$C = c'$, so erhält man: $d' = 0{,}07\, D$

$C = 2\,c'$ — $d' = 0{,}10\, D.$

In diesem letztern Fall ist der Durchmesser des Speisepumpenkolbens gleich dem der Triebkolbenstange.

Wenden wir nun die Formel (3) zur Bestimmung des Durchmessers von dem Kaltwasserpumpenkolben an, so erhalten wir im Fall der Condensation:

$$d = 0{,}31 \sqrt{\frac{C}{c}} \ldots \quad (5)$$

und für: $C = c$, so erhält man: $d = 0{,}31\, D,$

$C = 2\,c,$ — $d = 0{,}437\, D.$

Die Speisepumpen sind stets Saug- und Druckpumpen, und der Kolben ist meistens massiv.

Wenn die Kraft der Maschinen 10 Pferdekräfte nicht übersteigt, so wendet man sehr zweckmäßig und allgemein die aus Rothguß oder Bronce gegossene Pumpe an, welche in den Fig. 4 und 5 Taf. XXI. dargestellt worden ist. Diese sehr leicht ausführbare Pumpe gestattet auch eine sehr bequeme Untersuchung der Ventile.

Für Kräfte über 10 Pferde geben die Maschinenbauer den gußeisernen Pumpen mit massiven Kolben von Gußeisen oder mit hohlen Broncekolben den Vorzug, je nachdem die Speisung eingerichtet ist (Fig. 6).

Die Fig. 7, 8 und 9 stellen ein System von Speisepumpen dar, welches die französischen Maschinenbauer Giraudon und Tamizier angenommen haben. In dieser Pumpe hat jedes Ventil außerhalb einen ebenen Theil, der mit einem hohlen Hut bedeckt ist, der mit einem Bügel und Schrauben festgehalten wird, und leicht weggenommen werden kann. Diese Einrichtung hat den großen Vorzug, daß das Reinigen und Ausschmergeln dieser Theile, welche so leicht in Unordnung gerathen, ohne viele Mühe bewerkstelligt werden kann.

Wendet man Ventile an, so muß man stets mit großer Sorgfalt vermeiden, daß kein Fett zu denselben gelangt, da die geringste Menge davon hinreichend ist, um ihr Spiel in Unordnung zu bringen, wovon man sich sehr leicht zu überzeugen vermag.

Bei der Maschine zu St. Ouen, von 40 Pferdekräften, hat man die in den Fig. 10, 11 und 12 dargestellte Speisepumpe mit geliedertem Kolben angewendet. Bei Niederdruck ist diese Einrichtung sehr zweckmäßig, taugt aber bei Hochdruck gar nichts, da alsdann die Liederung so oft ausgewechselt werden muß; denn mittelst Schrauben zusammenpressen, wie bei den Stopfbüchsen, kann man sie nicht.

Siebenter Artikel.

Maschinengerüst.

Das Gerüst ist derjenige Theil der Dampfmaschinen, welcher den Zweck hat, die andern Theile unter einander zu verbinden und sie an denjenigen Punkten zu erhalten, welche sie einnehmen müssen.

Zu dem Ende besteht ein Gerüst aus einer Reihe metallener, hölzerner und steinerner Stücke, deren Formen und Dimensionen nach der Einrichtung und Stellung der Maschinentheile verschieden sind, die sie unter einander verbinden sollen.

Es folgt aus dieser Erklärung, daß die Zusammensetzung der Gerüste eine natürliche Folge von der der vollständigen Maschinen ist, und daher nicht eher bestimmt werden kann, als bis man die Einrichtung dieser letztern selbst genau kennt. Jedoch giebt es auch allgemeine Grundsätze für die Construction der Maschinengerüste, mag die Gattung der Maschinen oder das System selbst sein, welche sie wolle, und diese Grundsätze sind es, welche wir hier aus einander setzen wollen.

Im Allgemeinrn giebt es drei Arten von Gerüsten, nämlich:

Für feststehende Maschinen;

Für Schiffsdampfmaschinen;

Für Locomotiven.

Die ersteren bestehen aus Holz und Gußeisen, und ihr Fundament besteht aus Mauerwerk.

Die zweiten bestehen aus Gußeisen, und ihr Fundament bilden die Kielhölzer der Schiffe.

Die letztern bestanden anfänglich aus Holz und Schmiedeeisen, jetzt aber ausschließlich aus letzterem und ruhen auf Rädern.

§. 1. Größe für feststehende Dampfmaschinen.

Feststehende Maschinen sind solche, die eine bleibende Stellung auf dem Boden haben. Sie stehen im Allgemeinen auf einem gemauerten Fundament von Quader-, Bruch- oder Ziegelsteinen und sind von einem Raum umschlossen, dessen Seitenwände, je nach den verschiedenen Einrichtungen, mehr oder weniger zur Unterstützung des Gerüstes benutzt werden.

Bei der Construction eines Gerüstes für feststehende Maschinen kann man den Zweck haben, einer von den drei folgenden Bedingungen zu entsprechen, nämlich:

1. Die Fundamente und die Seitenwände so viel als möglich dazu zu benutzen, um die verschiedenen Theile der Maschine zu verbinden, und um das Gerüst so viel als möglich zu vereinfachen.

2. Das Gerüst ausschließlich zur Verbindung der verschiedenen Maschinentheile anzuwenden, und das Gerüst nur dazu zu benutzen, um die verschiedenen Theile mit einander zu verbinden, und das Mau-

erwerk nur dazu, um sie sämmtlich in ihrer Stellung zu erhalten.

3. Die Maschine vollständig von der Belastung des Mauerwerks zu befreien, um sie leichter auseinander nehmen zu können.

Im ersteren Fall hat man, mag die Einrichtung der Maschine auch sein, welche sie wolle, gegen eine Eigenschaft des Mauerwerks zu kämpfen, welches im Maschinenwesen sehr störend einwirkt, nämlich das sogenannte sich Setzen; auch ist es durchaus nicht zweckmäßig, zum Gerüst viel Mauerwerk anzuwenden, oder das Ganze daraus zu construiren; jedoch kommt ein Fall vor, in welchem es vortheilhaft ist, Mauerwerk statt Gußeisen anzuwenden, nämlich, wenn es sich darum handelt, einen sehr großen und schweren Balancier zu unterstützen. Statt in diesem Fall ein gußeisernes Gebälk zu nehmen, welches auf Säulen ruht, wendet man eine Mauer von behauenen Steinen an (Taf. XXI., Fig. 13, 14 und 15), die quer durch das Maschinenhaus geht. In diesem Fall sind die Zapfenlager AA des Balanciers auf einer und derselben Platte mit Lappen BB angebracht, durch welche, so wie durch das ganze Maschinengebäude zwei starke hölzerne Balken CC gehen, und deren Zweck es ist, die Festigkeit der Mauer in der Mitte durch die zu verstärken, welche mit ihr parallel laufen. Vier Bolzen DDDD gehen durch die Balken und auch durch die Lappen BB und sind durch Schließkeule mit zwei gußeisernen Balken EE verbunden, die unten durch die Mauer gehen. Durch diese Bolzen wird einerseits die Hebung des Balanciers durch die gleichzeitigen Einfälle des Triebkolbens und der Kolbenstange unmöglich gemacht, und anderntheils werden die hölzernen Balken zwischen den Lappen BB fest gehalten.

Unter der Platte BB und über den gußeisernen Balken EE sind noch starke hölzerne Baken FF′ angebracht, welche den Zweck haben, die ganze Masse des Mauerwerks zwischen den beiden horizontalen Ebenen ab und cd fest zusammenzuhalten. Die Höhe AC dieses Mauerwerkes ist so berechnet, daß sein Gewicht um vieles bedeutender als die Summe der beiden Kräfte ist, welche das Mauerwerk haben könnten.

Eiserne Anker GGG gehen durch die Längen- und Quermauern, sind außerhalb mit Scheiben H versehen, und vollenden die Befestigung des ganzen Systems.

Im zweiten Fall wendet man nur da Mauerwerk an, wo sein Setzen nicht nachtheilig sein kann, d. h. in horizontaler

Richtung. Man befindet sich alsdann unter den Bedingungen der Maschinenaufstellung, hauptsächlich bei gewissen Einrichtungen, bei denen man die Mauern nur durch sehr zusammengesetzte Gerüste entbehren kann, verwickelte Einrichtungen, die große Nachtheile haben. Dies ist der Fall bei Balanciermaschinen unter 60 Pferdekräften und bei sogenannten senkrechten Maschinen.

Im Allgemeinen giebt man so viel als möglich den Gerüsten dieser Maschinen die Form eines auf Säulen ruhenden Gebälkes. Die architectonischen Verhältnisse sind im Allgemeinen beibehalten, ausgenommen, was den Durchmesser der Säulen betrifft, der statt 2 Model, wie bei den steinernen Säulen zu betragen, nur 1 Model beträgt, eine für das Gußeisen hinreichende Stärke, wodurch auch das ganze Gerüst eine Leichtigkeit erlangt, die dem Auge sehr wohlthuend ist.

Der dritte Fall ist entweder die Folge gewisser Systeme oder er ist gewissen andern gänzlich entgegen; im Allgemeinen ist er nur dann zweckmäßig, wenn die Triebwelle in der Nähe der Sohle liegt, wodurch aber nicht gesagt sein soll, daß dies immer der Fall sein müsse.

Fig. 16 stellt die sehr zweckmäßige Form von Böcken dar, welche den Balancier kleinerer Maschinen tragen, und wobei das Mauerwerk des Maschinenhauses gar nicht in Anspruch genommen wird. Diese Art der Unterstützung der Balanciers ist für Maschinen bis zu 16 Pferdekräften, die in Fabriken so häufig angewendet werden, eine Einrichtung, welche Festigkeit mit angenehmer Form verbindet.

Sei nun die Art und Weise der Befestigung von den drei angeführten, welche sie wolle, so ist die zweckmäßigste Einrichtung, um das Ganze auf einem gemauerten Fundamente zu befestigen, in der Anwendung einer einzigen oder zweier Sohlplatten von Gußeisen, die unter einander durch Bolzen verbunden sind und gewissermaßen die Basis des Gerüstes bilden. Diese Sohlplatten werden mittelst langer Bolzen auf dieselbe Weise wie die DD, Fig. 13, 14, 15, mit dem steinernen Fundamente verbunden. Das in diesem letztern befindliche Ende ist, statt mit einem Kopf, mit Platte und Schließkeule versehen, und drückt gegen hölzerne oder gußeiserne Balken, die in dem Mauerwerk eingelassen sind. Oben sind die Bolzen mit Schraubengewinde versehen, und werden durch Schraubenmuttern befestigt. Die Fig. 18, 19, 20, 21 und 22 zeigen die einzelnen Theile eines Gerüstes von einer

Balanciermaschine, welches in der Mitte auf Balken und an den Enden in den Mauern des Maschinenhauses ruht.

§. 2. Gerüste der Schiffsdampfmaschinen.

Die Gerüste der Schiffsdampfmaschinen gehören zu der dritten Art der Gerüste, die wir bei den feststehenden Maschinen betrachteten. Es müssen sich die Schiffsmaschinen selbst tragen, und selbst wenn sie unten angebrachte Balanciers haben, muß das ganze Gerüst doch auf einer starken Grundplatte stehen, von der ein Theil zur Vergrößerung des Condensators dient. Auf den beiden langen Seiten erheben sich Gebälke von dorischer, gothischer, oder einer andern Ordnung, mit denen die verschiedenen Maschinentheile verbunden sind.

Der Boden der Schiffe enthält starke Kielschweine von Holz, durch welche die Bolzen der Grundplatte gehen.

Jede Einrichtung, nach welcher die Maschinen anders befestigt werden, als mittelst einer Sohlplatte, die mit den Kielschweinen verbunden ist, muß als schlecht angesehen werden, und wenn das Schiff von Eisen ist, so muß es dadurch seine Form verlieren, während ein hölzernes gänzlich Schaden leiden kann. Wir werden im 3. Bde. mehrere Schiffsmaschinengerüste näher kennen lernen.

§. 3. Locomotivengerüst.

Die Gerüste der Locomotiven bestehen aus zwei Hauptheilen, nämlich: 1) aus dem Rahm; 2) aus den Rädern und Achsen.

Der Rahmen ist länglich viereckig und besteht entweder aus Holz, welches mit Blech bekleidet ist, oder der Länge nach aus Eisen und der Quere aus Holz, er verbindet die verschiedenen Maschinentheile mit den Achsen und Rädern, auf denen das ganze System ruht. Die Form des Rahms und seine Dimension sind nach dem System der Bewegungsübertragung, welche von verschiedenen Maschinenbauern angenommen worden sind, verschieden.

Wenn die Cylinder unter der Rauchkammer angebracht worden sind und die Bewegung auf die Triebräder mittelst Kurbelachsen übertragen wird, so ist der Rahm breit genug, um die Räder in seinem Innern aufzunehmen. In diesem Fall ruht er mittelst Federn und Büchsen auf den Achsen, in welchen letztern die äußersten Zapfen befindlich sind. Die Büchsen bewegen sich senkrecht auf den Schutzplatten, die auf dem Rahm befestigt sind, so daß sie den Schwankungen der Federn folgen können.

Liegen die Cylinder außerhalb des Kessels und findet die

Bewegungsübertragung durch Kurbelstangen statt, deren Angriffspunkt eine Warze an den Speichen der Triebräder ist, so hat der Rahm ein ganz anderes Ansehen und es liegen die Räder außerhalb und der Rahm ruht auf Zapfen, die innerhalb der Räder befindlich sind. Wir werden jedoch im 3. Theile, bei der speciellen Beschreibung der Locomotiven, auf diesen Gegenstand zurückkommen und ihn mit Hülfe von Abbildungen der Rähme näher kennen lernen.

Schluß.

Wiederholen wir alle die proportionalen Dimensionen, die wir weiter oben, sowohl für die Stücke, als auch für die Theile der Maschinen bestimmt haben, und wenden wir die erlangten Resultate auf die Reihe allgemeiner Beispiele von Dampfmaschinen an, so wie sie am häufigsten vorkommen, so erhalten wir die folgenden 5 Tabellen.

Tabelle über die zweckmäßigen Dimensionen, die den verschiedenen Theilen und Stücken einer Dampfmaschine für verschiedene Kräfte ertheilt werden können.

1. Verdampfung.

Ordnungsnummer.	Ganze Oberfläche der Kessel in Quadratmetern.	Anzahl der durchaus nothwendigen Kessel.	Durchmesser der Kessel in Metern.	Länge des Kessels in Metern.	Anzahl der Sieder-röhren.	Durchmesser der Sieder-röhren in Metern.	Länge der Sieder-röhren in Metern.	Vorschriften des französ. Gesetzes vom 22. Mai 1843. Zwei Atmosphären. Nummer der Art.	Zwei Atmosphären. Durchmesser der Sicherheitsventile in Centimetern.	Fünf Atmosphären. Nummer der Art.	Fünf Atmosphären. Durchmesser der Sicherheitsventile in Centimetern.
1	0,5	1	0,20	0,80	0	—	—	4	1,00	4	0,50
2	1,0	1	0,30	1,06	0	—	—	4	1,00	4	0,80
3	1,5	1	0,40	1,19	0	—	—	4	2,00	4	1,00
4	2,0	1	0,40	1,03	1	0,20	1,13	4	2,10	4	1,30
5	4,0	1	0,50	1,65	1	0,25	1,82	4	2,92	4	1,72
6	6,0	1	0,50	2,48	1	0,25	2,73	4	3,60	3	2,10
7	8,0	1	0,50	2,44	2	0,25	2,68	4	4,13	2	2,50
8	12,0	1	0,65	2,80	2	0,33	3,08	4	5,10	2	3,10
0	18,0	1	0,65	4,22	2	0,33	4,64	3	6,20	1	3,70
10	24,0	1	0,80	4,55	2	0,40	5,00	3	7,20	1	4,20
11	32,0	1	0,80	6,10	2	0,40	6,71	2	8,30	1	4,90
12	40,0	1	1,00	6,10	2	0,50	6,71	2	9,25	1	5,45
13	50,0	1	1,00	7,60	2	0,50	8,36	1	10,32	1	6,10
14	60,0	2 Nr. 11.			—	—	—	1	—	1	—
15	70,0	2 Nr. 11 u. 1 Nr. 12.			—	—	—	1	—	1	—

16	80,0	2	Nr. 12.	—	—	—	1	—	1	—
17	100,0	2	= 13.	—	—	—	1	—	1	—
18	120,0	3	= 12.	—	—	—	1	—	1	—
19	150,0	3	= 13.	—	—	—	1	—	1	—
20	200,0	4	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
21	250,0	5	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
22	300,0	6	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
23	350,0	7	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
24	400,0	8	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
25	500,0	10	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
26	600,0	12	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
27	700,0	14	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
28	800,0	16	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
29	900,0	18	desgl.	—	—	—	1	—	1	—
30	1000,0	20	desgl.	—	—	—	1	—	1	—

Bemerkungen. Wir theilen hier nur die Dimensionen der Kessel mit zwei Siederöhren mit, da das Ganze ihrer Form fast unveränderlich ist, welches bei den andern nicht der Fall ist. — Wir haben die Zahl der verschiedenen Dimensionen, welche sie annehmen können, auf 13 beschränkt, da unseres Erachtens nach, wenn die ganze Oberfläche 50 Quadratmeter übersteigt, es vortheilhafter ist, mehrere Kessel anzuwenden, für die man auch einen oder mehrere Reservekessel haben muß, je nach der Kraft, welche die Maschine hat. Auf diese Weise findet nie Stillstand in Folge von Unfällen bei Kesseln statt, und das zu den Reservekesseln erforderliche Capital ist nicht so bedeutend. Bei zweckmäßiger Einrichtung der Oefen ist der Nutzeffect in fast allen Fällen derselbe.

Tabelle über die zweckmäßigen Dimensionen, die den verschiedenen Theilen und Stücken einer Dampfmaschine für verschiedene Kräfte ertheilt werden können.

2. Vertheilung.

Ordnungsnummer.	Dimensionen der Schieberöffnungen.						Durchmesser der Ventile und der Leitröhren.			Durchmesser:				
	Ohne Expansion mit Condensation.		Ohne Expansion und Condensation.		Mit Expansion.		Ohne Expansion mit Condensation.	Ohne Expansion und Condensation.	Mit Expansion.	Der Schieber- oder Ventilstange.	Der Schieber- oder Ventilwellen.	Warzen der Excentriken.	Der Bolzen im Allgemeinen.	Dicke des Gußeisens.
	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.	Länge.	Breite.								
	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Mm.	Mm.	Mm.	Mm.	Mm.
1	0,025	0,005	0,0125	0,0025	0,01875	0,00375	0,01	0,005	0,0075	5	8	8	5	5
2	0,050	0,010	0,0250	0,0050	0,03750	0,00750	0,02	0,010	0,0150	6	10	10	8	7
3	0,075	0,015	0,0375	0,0075	0,06275	0,01125	0,03	0,015	0,0225	6	12	12	10	9
4	0,100	0,020	0,0500	0,0100	0,07500	0,01500	0,04	0,020	0,0300	8	15	15	10	11
5	0,125	0,025	0,0625	0,0125	0,09375	0,01875	0,05	0,025	0,0375	8	18	18	12	13
6	0,150	0,030	0,0750	0,0150	0,11250	0,02250	0,06	0,030	0,0450	10	21	21	12	14
7	0,175	0,035	0,0875	0,0175	0,13125	0,02625	0,07	0,035	0,0525	10	25	25	15	15
8	0,200	0,040	0,1000	0,0200	0,15000	0,03000	0,08	0,040	0,0600	12	30	30	15	16
9	0,225	0,045	0,1125	0,0225	0,16875	0,03375	0,09	0,045	0,0675	12	35	35	15	17
10	0,250	0,050	0,1250	0,0250	0,18750	0,03750	0,10	0,050	0,0750	15	40	40	15	18
11	0,275	0,055	0,1375	0,0275	0,20675	0,04125	0,11	0,055	0,0825	15	45	42	18	19
12	0,300	0,060	0,1500	0,0300	0,22500	0,04500	0,12	0,060	0,0900	18	50	44	18	20
13	0,325	0,065	0,1625	0,0325	0,24375	0,04875	0,13	0,065	0,0975	18	55	46	18	21
14	0,350	0,070	0,1750	0,0350	0,26250	0,05250	0,14	0,070	0,1050	21	60	48	18	22
15	0,375	0,075	0,1875	0,0375	0,28125	0,05625	0,15	0,075	0,1125	21	65	50	18	23

16	0,400	0,080	0,2000	0,0400	0,30000	0,06000	0,16	0,080	0,1200	25	70	52	21	23
17	0,425	0,085	0,2125	0,0425	0,31875	0,06375	0,17	0,085	0,1275	25	75	54	21	24
18	0,450	0,090	0,2250	0,0450	0,33750	0,06750	0,18	0,090	0,1350	30	80	56	21	24
19	0,475	0,095	0,2375	0,0475	0,35625	0,07125	0,19	0,095	0,1425	30	85	58	21	25
20	0,500	0,100	0,2500	0,0500	0,37500	0,07500	0,20	0,100	0,1500	35	90	60	21	25
21	0,550	0,110	0,2750	0,0550	0,41250	0,08250	0,22	0,110	0,1650	35	95	62	25	26
22	0,600	0,120	0,3000	0,0600	0,45000	0,09000	0,24	0,120	0,1800	35	100	64	25	26
23	0,650	0,130	0,3250	0,0650	0,48750	0,09750	0,26	0,130	0,1950	40	100	66	25	27
24	0,700	0,140	0,3500	0,0700	0,52500	0,10500	0,28	0,140	0,2100	40	100	68	25	27
25	0,750	0,150	0,3750	0,0750	0,56250	0,11250	0,30	0,150	0,2250	40	110	70	25	28
26	0,800	0,160	0,4000	0,0800	0,60000	0,12000	0,32	0,160	0,2400	45	110	72	30	28
27	0,850	0,170	0,4250	0,0850	0,63750	0,12750	0,34	0,170	0,2550	45	110	74	30	29
28	0,900	0,180	0,4500	0,0900	0,67500	0,13500	0,36	0,180	0,2700	45	120	76	30	29
29	0,950	0,190	0,4750	0,0950	0,71250	0,14250	0,38	0,190	0,2850	50	120	78	30	30
30	1,000	0,200	0,5000	0,1000	0,75000	0,15000	0,40	0,200	0,3000	50	120	80	30	30

Tabelle über die zweckmäßigen Dimensionen, die den verschiedenen Theilen und Stücken einer Dampfmaschine für verschiedene Kräfte ertheilt werden können.

3. Bewegende Kraft.

Ordnungsnummer.	Durchmesser der Dampfcylinder. Ohne Expansion. Mit Condensation.	Durchmesser der Dampfcylinder. Ohne Expansion. Ohne Condensation	Durchmesser der Dampfcylinder. Mit Expansion.	Kolbenlauf.	Stärken: Der Cylinder.	Stärken: Der Kolben in der Mitte.	Stärken: Des Spiels der Kolben.	Stärken: Des Eintritts der Böden.	Längen der Cylinder.	Durchmesser: Der Kolbenstange.	Durchmesser: Der Schraubenbolzen der Cylinder.	Verhältnisse zwischen den Kolbenoberflächen. Die erste zu 1 angenommen.	Verhältnisse zwischen den Kolbenoberflächen. Die folgenden.	Zweckmäßige Kolbengeschwindigkeit in der Secunde.	Brutto-Effect in Pferdekräften.	Wahrscheinliche Coefficienten des Nutzeffects.	Wirkliche Kraft, annähernd in Pferdekräften.
	Met.	Met.	Met.	Met.	Mm.	Mm.	Mm	Mm.	Met.	Mm.	Mm.			Met.			
1	0,05	0,025	0,04	0,10	8	50	20	20	0,190	12	6	1	1,000	0,55	0,14	0,39	0,05
2	0,10	0,050	0,08	0,20	10	60	24	24	0,308	15	8	4	4,000	0,60	0,60	0,40	0,25
3	0,15	0,075	0,12	0,30	12	70	28	28	0,426	18	10	9	2,250	0,65	1,46	0,41	0,60
4	0,20	0,100	0,16	0,40	14	80	32	32	0,544	21	12	16	1,780	0,70	2,80	0,42	1,20
5	0,25	0,125	0,20	0,50	16	90	36	36	0,662	25	12	25	1,560	0,75	4,70	0,43	2,00
6	0,30	0,150	0,24	0,60	18	100	40	40	0,780	30	15	36	1,440	0,80	7,20	0,44	3,20
7	0,35	0,175	0,28	0,70	20	110	44	44	0,898	35	15	49	1,360	0,85	10,40	0,45	4,70
8	0,40	0,200	0,32	0,80	22	120	48	48	1,016	40	18	64	1,305	0,90	14,40	0,46	6,60
9	0,45	0,225	0,36	0,90	24	130	52	52	1,134	45	18	81	1,266	0,95	19,20	0,47	9,00
10	0,50	0,250	0,40	1,00	26	140	56	56	1,252	50	21	100	1,235	1,00	25,00	0,48	12,00
11	0,55	0,275	0,44	1,10	28	150	60	60	1,370	55	21	121	1,210	1,05	31,80	0,49	15,60
12	0,60	0,300	0,48	1,20	30	160	64	64	1,488	60	25	144	1,190	1,10	39,50	0,50	19,80
13	0,65	0,325	0,52	1,30	32	170	68	68	1,606	65	25	169	1,175	1,15	48,60	0,51	24,80
14	0,70	0,350	0,56	1,40	34	180	72	72	1,724	70	25	196	1,160	1,20	58,90	0,52	30,60
15	0,75	0,375	0,60	1,50	36	190	76	76	1,842	75	30	225	1,145	1,25	70,00	0,53	37,00

16	0,80	0,400	0,64	1,60	38	200	80	80	1,960	80	30	256	1,140	1,30	83,00	0,54	44,80
17	0,85	0,425	0,68	1,70	40	210	84	84	2,078	85	30	288	1,125	1,35	98,00	0,55	54,00
18	0,90	0,450	0,72	1,80	42	220	88	88	2,196	90	35	324	1,122	1,40	113,00	0,56	63,20
19	0,95	0,475	0,76	1,90	45	230	92	92	2,314	95	35	361	1,120	1,45	131,00	0,57	74,60
20	1,00	0,500	0,80	2,00	46	240	96	96	2,432	100	35	400	1,110	1,50	150,00	0,58	87,00
21	1,10	0,550	0,88	2,20	48	250	100	100	2,650	110	40	484	1,205	1,55	188,00	0,59	111,00
22	1,20	0,600	0,96	2,40	50	260	104	104	2,868	120	40	576	1,190	1,60	231,00	0,60	138,50
23	1,30	0,650	1,04	2,60	52	270	108	108	3,086	130	40	676	1,175	1,65	279,00	0,61	170,00
24	1,40	0,700	1,12	2,80	54	280	112	112	3,304	140	45	784	1,160	1,70	334,00	0,62	207,00
25	1,50	0,750	1,20	3,00	56	290	116	116	3,522	150	45	900	1,145	1,75	394,00	0,63	248,00
26	1,60	0,800	1,28	3,20	58	300	120	120	3,740	160	45	1024	1,138	1,80	460,00	0,64	295,00
27	1,70	0,850	1,36	3,40	60	310	124	124	3,958	170	50	1152	1,132	1,85	535,00	0,65	348,00
28	1,80	0,900	1,44	3,60	62	320	128	128	4,176	180	50	1296	1,120	1,90	616,00	0,66	407,00
29	1,90	0,950	1,52	3,80	64	330	132	132	4,394	190	50	1444	1,115	1,95	705,00	0,67	473,00
30	2,00	1,000	1,60	4,00	66	340	136	136	4,612	200	50	1600	1,105	2,00	800,00	0,68	545,00

Tabelle über die zweckmäßigen Dimensionen, die den verschiedenen Theilen und Stücken einer Dampfmaschine für verschiedene Kräfte ertheilt werden können.

4. Bewegungsübertragung.

Ordnungsnummer.	Balancier aus einem Stück. Dimensionen. Länge in Meter	Breite in Meter.	Dicke in Millimeter.	Durchmesser der eisernen Zapfen in Millimetern. Aeußerlich.	In der Mitte.	In ein Viertel.	Dimensionen der Parallelogramme in Meter. Länge.	Breite.	Länge der Kurbelstangen in Meter.	Kurbeln. Halbmesser in Metern.	Durchmesser: Der gußeisernen Wellen.	Der schmiedeisernen Warzen.	Schwungradwelle v. Gußeisen; Zapfendurchmesser.	Schwungräder. Gewicht der Kränze in Kil. Ohne Expansion.	Mit Expansion. Ohne Condensation.	Mit Condensation.	Durchmesser in Meter.
											Mm.	Mm.	Mm.				
1	0,30	0,05	4	12	18	9	0,075	0,05	0,25	0,05	30	15	25	31	55	46	0,30
2	0,60	0,10	6	20	30	15	0,150	0,10	0,50	0,10	50	25	40	73	128	109	0,60
3	0,90	0,15	9	25	35	18	0,225	0,15	0,75	0,15	70	35	60	126	220	188	0,90
4	1,20	0,20	13	30	45	21	0,300	0,20	1,00	0,20	85	40	75	198	347	295	1,20
5	1,50	0,25	15	35	50	25	0,375	0,25	1,25	0,25	110	45	95	292	510	435	1,50
6	1,80	0,30	18	40	55	30	0,450	0,30	1,50	0,30	120	50	110	397	695	592	1,80
7	2,10	0,35	23	45	65	30	0,525	0,35	1,75	0,35	140	55	139	528	926	785	2,10
8	2,40	0,40	25	50	70	35	0,600	0,40	2,00	0,40	170	65	160	688	1200	1022	2,40
9	2,70	0,45	28	55	75	35	0,675	0,45	2,25	0,45	180	70	170	890	1560	1327	2,70
10	3,00	0,50	30	60	80	40	0,750	0,50	2,50	0,50	200	75	190	1155	2030	1720	3,00
11	3,30	0,55	33	60	85	40	0,825	0,55	2,75	0,55	220	80	200	1390	2440	2075	3,30
12	3,60	0,60	35	65	90	45	0,900	0,60	3,00	0,60	240	85	220	1660	2910	2470	3,60
13	3,90	0,65	38	70	95	45	0,975	0,65	3,25	0,65	260	90	240	1970	3450	2940	3,90
14	4,20	0,70	40	75	100	50	1,050	0,70	3,50	0,70	280	95	260	2340	4100	3480	4,20
15	4,50	0,75	43	75	110	55	1,125	0,75	3,75	0,75	300	95	280	2750	4820	4100	4,50

16	4,80	0,80	45	80	120	60	1,200	0,80	4,00	0,80	325	100	300	3250	5700	4850	4,80
17	5,10	0,85	48	85	120	60	1,275	0,85	4,25	0,85	350	110	325	3820	6700	5700	5,10
18	5,40	0,90	50	90	130	65	1,350	0,90	4,50	0,90	375	110	350	4500	7900	6700	5,40
19	5,70	0,95	55	95	130	65	1,425	0,95	4,75	0,95	400	120	375	5300	9300	7900	5,70
20	6,00	1,00	60	100	140	70	1,500	1,00	5,00	1,00	450	130	400	6280	11000	9360	6,00
21	6,60	1,05	65	110	150	75	1,650	1,10	5,50	1,10	500	140	450	7750	13600	11550	6,60
22	7,20	1,10	70	120	160	80	1,800	1,20	6,00	1,20	550	150	500	9600	16850	14300	7,20
23	7,80	1,15	75	130	180	90	1,950	1,30	6,50	1,30	600	160	550	11800	20650	17600	7,80
24	8,40	1,20	80	140	200	100	2,100	1,40	7,00	1,40	700	180	650	14650	25750	21900	8,40
25	9,00	1,25	85	150	220	110	2,250	1,50	7,50	1,50	750	190	700	18200	32000	27150	9,00
26	9,60	1,30	90	160	220	110	2,400	1,60	8,00	1,60	800	200	750	22500	39500	33500	9,60
27	10,20	1,35	95	170	240	120	2,550	1,70	8,50	1,70	850	220	800	28200	49500	42000	10,20
28	10,80	1,40	100	180	240	120	2,700	1,80	9,00	1,80	900	220	850	35500	62100	53000	10,80
29	11,40	1,45	110	190	260	130	2,850	1,90	9,50	1,90	1000	240	950	45100	79000	67200	11,40
30	12,00	1,50	120	200	260	130	3,000	2,00	10,00	2,00	1100	240	1000	58500	102500	87200	12,00

Anmerkung. Wir müssen hier einen Fehler verbessern, den wir auf Seite 102 des 1. Theils bei der Berechnung der Kurbelwelle gemacht haben. Wir sagen nämlich da auf Zeile 4 von unten: „Zur Bestimmung des Warzendurchmessers hat man die Formel: $\delta''' = 3{,}2 \left(\frac{9}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}}$, in welcher Q die ganze Belastung auf die Warze ausdrückt."

Diese Formel ist richtig für Hebel mit Charnier, deren Achse in ihrer Mitte belastet ist, und die auf beiden Seiten Zapfen haben, und es sind dafür die Formeln 1 und 2 auf S. 103, so wie die Tabelle auf Seite 104 vollkommen anwendbar. Für Hebel mit Warzen und Kurbeln aber muß der Factor Q in der obigen Formel durch 2Q ersetzt werden, da die Achse nur einen Zapfen am Ende hat, der das Doppelte von dem im vorhergehenden Falle tragen muß. Es folgt daraus, daß die Formel $\triangle^3 = 0{,}44\ \mathbf{R}\ \delta'''^3$ die Formel für die Warze wird: $\triangle^3 = 0{,}22\ \mathbf{R}\ \delta'''^3$,
welches für die Formel (1) auf S. 103 für eiserne Wellen giebt: $\triangle = 0{,}6\ \delta'''\ \sqrt[3]{\mathbf{R}}$.
Eben so wird die Formel $\triangle^3 = 0{,}685\ \mathbf{R}\ \delta'''^3$ für die Warze: $\triangle^3 = 0{,}3425\ \mathbf{R}\ \delta'''^3$,
welches für die Formel (2), die sich auf gußeiserne Wellen bezieht, giebt: $\triangle = 0{,}7\ \delta'''\ \sqrt[3]{\mathbf{R}}$.

In diesen Formeln ist **R** in Centimetern ausgedrückt.

Tabelle über die zweckmäßigen Dimensionen, die den verschiedenen Theilen und Stücken einer Dampfmaschine für verschiedene Kräfte ertheilt werden können.

5. Condensation. 6. Speisung.

Ordnungsnummer.	Durchmesser: Theoretischer der Luftpumpenkolben.		Durchmesser: Der Einspritzhähne und Röhren.	Durchmesser: Der Luftpumpen-Kolbenstangen.	Durchmesser: Der Schraubenbolzen in Millimetern		Stärke in Millimetern:		Breiten in Metern bei gleichen Längen der Luftpumpendurchmesser.		Durchmesser der Pumpen für den halben Lauf in Metern. — Kaltes Wasser.	
	Ohne Expansion.	Mit Expansion.			Luftpumpe.	Trog.	Der Cylinder und Ventilkasten.	Der Tröge.	Ohne Expansion.	Mit Expansion.	Zur Condensation.	Zur Speisung.
	Meter.	Meter.	Mm.									
1	0,03	0,025	5	9	6	6	8	6	0,01	0,010	0,025	0,009
2	0,06	0,050	10	10	7	7	10	7	0,02	0,020	0,030	0,010
3	0,09	0,075	15	12	8	7	12	8	0,03	0,025	0,035	0,015
4	0,12	0,100	21	15	9	8	14	9	0,04	0,035	0,040	0,021
5	0,15	0,125	25	18	10	8	15	10	0,05	0,045	0,060	0,025
6	0,18	0,150	30	21	12	9	16	11	0,06	0,050	0,070	0,030
7	0,21	0,175	35	21	12	9	17	12	0,07	0,060	0,080	0,035
8	0,24	0,200	40	25	15	10	18	13	0,08	0,070	0,090	0,040
9	0,27	0,225	45	25	15	10	19	14	0,09	0,075	0,100	0,045
10	0,30	0,250	50	30	18	12	20	15	0,10	0,085	0,120	0,050
11	0,33	0,275	55	30	18	12	21	16	0,11	0,095	0,140	0,055
12	0,36	0,300	60	35	18	12	22	17	0,12	0,100	0,160	0,060
13	0,39	0,325	65	35	21	15	23	18	0,13	0,110	0,180	0,065
14	0,42	0,350	70	40	21	15	24	19	0,14	0,115	0,200	0,070
15	0,45	0,375	75	40	21	15	25	20	0,15	0,120	0,220	0,075

16	0,48	0,400	80	45	25	18	26	21	0,16	0,130	0,240	0,080
17	0,51	0,425	85	45	25	18	27	22	0,17	0,140	0,260	0,085
18	0,54	0,450	90	50	25	18	28	23	0,18	0,150	0,280	0,090
19	0,57	0,475	95	50	30	21	29	24	0,19	0,160	0,300	0,095
20	0,60	0,500	100	55	30	21	30	25	0,20	0,170	0,325	0,100
21	0,66	0,550	110	55	30	21	31	26	0,22	0,180	0,350	0,110
22	0,72	0,600	110	60	30	21	32	27	0,24	0,200	0,375	0,120
23	0,78	0,650	120	65	35	25	33	28	0,26	0,215	0,400	0,130
24	0,84	0,700	120	70	35	25	34	29	0,28	0,230	0,450	0,140
25	0,90	0,750	130	65	35	25	35	30	0,30	0,250	0,500	0,150
26	0,96	0,800	130	80	35	25	36	31	0,32	0,265	0,550	0,160
27	1,02	0,850	140	85	40	30	37	32	0,34	0,285	0,600	0,170
28	1,08	0,900	140	90	40	30	38	33	0,36	0,300	0,650	0,180
29	1,14	0,950	140	95	40	30	39	34	0,38	0,320	0,700	0,190
30	1,20	1,000	150	100	40	30	40	35	0,40	0,340	0,750	0,200

Drittes Buch.

Eigentliche Zusammensetzung der Dampfmaschinen.

Auf die Zusammensetzung einer Dampfmaschine haben die folgenden drei Hauptumstände Einfluß:

Die Beschaffenheit der Leistung, welche die Dampfkraft ausüben soll.

Die Größe dieser Leistung in einer gegebenen Zeit.

Der Zustand, in welchem der Dampf, nach der Beschaffenheit und der Größe der in einer gewissen Zeit auszuführenden Leistung, am zweckmäßigsten wirkt.

Die Zusammensetzung, welche eine Folge der verschiedenen Fälle ist, unter denen die Leistungen oder Wirkungen erfolgen, bildet die verschiedenen Arten der Dampfmaschine; man nennt sie allgemeine Zusammensetzung.

Die Zusammensetzung, welche eine Folge der verschiedenen Fälle ist, zu denen die verschiedene Größe der zu übertragenden Kraft Veranlassung giebt, bildet die verschiedenen Einrichtungen der Dampfmaschinen. Man nennt sie specielle Zusammensetzung.

Die Zusammensetzung, welche eine Folge der verschiedenen Zustände ist, in denen der Dampf wirkt, bildet die verschiedenen Gattungen von Dampfmaschinen. Man nennt sie die secundäre Zusammensetzung.

Allgemeine Zusammensetzung.

Wir betrachten drei Hauptarten von unmittelbarer Anwendung von der Triebkraft des Dampfes, nämlich:

1. Zur Ueberwindung eines unterbrochenen Widerstandes.
2. Zur Bewegung einer Stange, die ununterbrochenen Widerstand leistet.
3. Zur Drehung einer Welle.

Diese drei Arten der Anwendung bilden drei große Hauptarten oder Systeme von Dampfmaschinen, nämlich:

Die einfach wirkenden.

Die doppelt wirkenden, ohne Rotation.

Die doppelt wirkenden mit Rotation.

Die einfach wirkenden Maschinen dienen entweder zur Was-

serhebung oder zur Bewegung von Werkzeugsmaschinen, wie Hämmer, Scheeren, Durchschläge, Durchschnitte ꝛc.

Die doppelt wirkenden Dampfmaschinen ohne Rotation dienen im Allgemeinen zur Bewegung der Gebläsekolben für Hohöfen, Kupolöfen, Frischfeuer, Schmiedefeuer ꝛc., oder der Luftpumpen= oder Luftsauger=Kolben für atmosphärische Eisenbahnen.

Die doppelt wirkenden Maschinen mit Rotation dienen zu nachstehenden Leistungen: 1) zur Bewegung der in dem Fabrikenwesen angewendeten Werkzeugs= oder Arbeitsmaschinen, indem die wiederkehrende Kraft des Kolbens durch eine Kurbel einer horizontalen Welle und Räderwerk mitgetheilt wird. 2) Mittelst einer gekröpften oder mit einer Kurbel versehenen Welle oder Achse zur Bewegung eines Ruderrades oder einer Schraube, wodurch Schiffe getrieben werden. 3) Endlich mittelst einer Kropfachse oder zweier Kurbeln zur Bewegung zweier oder mehrerer Räder, welche hinlänglich belastet sind; um an dem Boden eine Adhäsion zu haben, die stärker als der Widerstand ist, welcher sich der Bewegung eines Wagenzuges auf einer Eisenbahn entgegensetzt.

Es folgt daraus, daß aus dem Gesichtspunkte der verschiedenen Resultate, zu denen die verschiedenen Benutzungen Veranlassung geben, diese drei Hauptarten von Dampfmaschinen in sechs andere Unterarten zerfallen, nämlich:

Einfach wirkende . . .	die Wasserhebungsmaschinen; die Arbeitsmaschinen;
Doppelt wirkende ohne Rotation	Gebläse= oder Luftpumpenmaschinen;
Doppelt wirkende mit Rotation	feststehende Maschinen; Schiffsmaschinen; Locomotivenmaschinen.

Specielle Zusammensetzung.

Die Kraft der Dampfmaschinen wechselt von 20 bis 100,000 Kilogrammen in der Secunde, entweder mittelst eines einzigen, oder mittelst zweier gekuppelter Apparate.

Die Anzahl der zwischen diesen Grenzen begriffenen Kräfte, für welche man Apparate ausführt, beläuft sich auf ungefähr 40, die in sieben bestimmte Klassen zerfallen, nämlich:

1. Klasse	von	20	bis	300	Kilogr.	in der	Sec.
2.	=	=	300	=	900	=	=	=
3.	=	=	900	=	2000	=	=	=
4.	=	=	2000	=	4000	=	=	=

5. Klasse von	4000 bis	8000	Kilogr.	in der	Sec.
6. =	= 8000 =	40000	=	=	=
7. =	= 40000 =	100000	=	=	=

Für eine jede von diesen Klassen giebt es eine oder mehrere Einrichtungen oder Anordnungen, welche zweckmäßiger als alle andern sind.

System nennt man die Ausführung einer Einrichtung, welche einem Maschinenbauer eigenthümlich ist.

Secundäre Zusammensetzung.

Wir haben bereits weiter oben in diesem Werke bemerkt, daß es vier Zustände gäbe, in welchen der Dampf wirken könne:

1) ohne Expansion und mit Condensation;
2) ohne Expansion und Condensation;
3) mit Expansion und Condensation;
4) mit Expansion und ohne Condensation.

Diese vier Zustände des wirkenden Dampfes bilden die vier Gattungen, nach denen die verschiedenen Arten und Einrichtungen der oben angeführten Maschinen, mehr oder weniger zweckmäßig ausgeführt werden, und welche wir nun nach einander und je nach ihrer Wichtigkeit kürzer oder weitläufiger betrachten werden.

Erster Artikel.

Einfach wirkende hydraulische oder Wasserhebungs-Dampfmaschinen.

Wird die Dampfkraft zu Wasserhebung angewendet, so dient die Maschine im Allgemeinen zur Bewegung von Pumpen.

Wenn die zu übertragende Kraft nicht bedeutend ist, so wird die Bewegung dieser Pumpen häufig durch eine Rotationsbewegung bewirkt. Ist aber diese Kraft bedeutender als 4000 Kilogr. in der Secunde, so ist es zweckmäßig, die Bewegung des Dampfkolbens unmittelbar auf die der Pumpe zu übertragen. Da diese letzteren einfach wirkend sind, so müssen es die angewendeten Dampfmaschinen in diesem Falle auch sein.

Man nennt diese Maschinen gewöhnlich hydraulische oder Wasserhebungsmaschinen, und von ihnen wollen wir jetzt reden.

Die Theorie der einfach wirkenden Maschinen ist dieselbe wie die der doppelt wirkenden, jedoch ist ihre Arbeit nur die Hälfte für eine gleiche Anzahl doppelter Kolbenhübe.

Wenn man sie auf die Bewegung der Pumpen anwendet, so bieten sich zwei Hauptfälle dar, nämlich:

1) in welchem die Pumpen saugend und hebend sind;

2) in welchem die Pumpen saugend und drückend sind.

Wenn die Pumpen saugend und **hebend** sind, so besteht die zu hebende Last aus:

1) dem über dem Pumpenkolben befindlichen Wasser,

2) dem Gestänge und den Kolben.

In diesem Falle gehen Kolben und Pumpenstangen nur durch ihr Gewicht und ohne eine Leistung nieder. Ihr Gewicht muß alsdann nur gleich der nothwendigen Last sein, um diesen Niedergang zu veranlassen, weil sonst die Maschine bei jedem Kolbenzuge eine unnütze Arbeit haben würde.

Damit das Effectivgewicht der Kolben und der Stangen nicht höher als die zum Niedergange erforderliche Last sei, muß man sie gewöhnlich mit dem Ende eines Balanciers verbinden, dessen anderes Ende mit einem Gegengewichte versehen ist.

Diese Pumpen sind daher bei tiefen Schichten nicht zweckmäßig, indem alsdann Kolben und Gestänge ein bedeutendes Gewicht haben.

Jedoch ist man zu ihrer Benutzung genöthigt, wenn auch nicht für die ganze Tiefe des Schachtes, doch wenigstens für die untersten Sätze, welche leicht in die Gefahr gerathen können, zu ersaufen, d. h. unter Wasser gesetzt zu werden, indem Druckpumpen sich alsdann nicht repariren lassen.

Sind die Pumpen oder sogenannten Kunstsätze **Saug- und Druckpumpen**, so besteht die zu hebende Last nur in den Gestängen und Pumpenkolben.

In diesem Falle wird die Hebung des Wassers in den Steigeröhren, so wie der Niedergang der Gestänge, durch das Gewicht dieser Stücke bewirkt. Ist dasselbe aber nicht bedeutend, ein Fall, der übrigens nur selten vorkommt, so braucht man an dem Schachtgestänge nur einige gußeiserne Gewichte anzubringen. Ist es dagegen, was aber stets vermieden werden muß, zu bedeutend, so bringt man am anderen Ende des Balanciers Gegengewichte an.

Zur Wasserhaltung in Bergwerken sind daher diese Pumpen die zweckmäßigsten, weßhalb man sie auch am häufigsten und nur für die tiefsten Sätze Saugpumpen anwendet.

Da die Wasserhebungs-Dampfmaschinen zu den obigen drei letzten Klassen gehören, so ist es im höchsten Grade wichtig,

ihnen alle Einrichtungen zu geben, welche Ersparung beim Dampfverbrauche veranlassen können, indem der Brennmaterialverbrauch bedeutend ist. Auch arbeiten alle diese Maschinen mit Expansion und Condensation; mit Expansion, weil man diese Art der Vertheilung bei allen Maschinen anwenden kann; mit Condensation, weil einer Maschine, deren Zweck Wasserhebung ist, dasselbe nicht fehlen kann.

Man ist daher dahin gelangt, bei den Wasserhebungsmaschinen in Cornwall und bei denen anderer Berg- und Wasserwerke, welche nach diesen Principien construirt worden sind, auf die Pferdekraft und in der Stunde, höchstens nur 2 Kilogr. Steinkohle zu verbrennen, während Maschinen von anderer Construction und Benutzung des Dampfes, durchschnittlich 4 Kilogr. verbrennen und dieser Verbrauch zuweilen auf 6 Kilogr. sich erhebt.

Die Fortpflanzung der Bewegung des Triebkolbens auf die Pumpenstangen wird auf dreierlei Hauptweisen bewirkt, nämlich:

1) mittelst eines geraden Balanciers;

2) mittelst eines Winkel-Balanciers oder sogenannten Kreuzes;

3) ohne Balancier.

§. 1. Wasserhebungs-Dampfmaschinen mit geradem Balancier.

Es sind die nach diesem Princip oder System construirten Wasserhebungs-Dampfmaschinen die wichtigsten und die einzigen, welche da, wo große Kraft erforderlich ist, angewendet werden. Sie sind auch am besten zur Condensation geeignet, da die Pumpen, die dazu erforderlich sind, sich auf diese Weise am leichtesten in Bewegung setzen lassen.

Diese Maschinen, von denen die Figuren 1—3., Taf. XXII. ein Bild geben, bestehen aus einem Balancier **A**, dessen Zapfenlager auf einer festen Mauer ruhen, und dessen beide Enden, das eine mit der Triebkolbenstange **B**, das andere mit dem Schachtgestänge **C** in Verbindung steht.

Der Kolbenlauf **D** wird einerseits durch den Boden der Pumpen, gegen den die Kolben stoßen, anderntheils durch die eiserne Querstange **E** begrenzt, der durch den Arm **F** des Balanciers geht und ehe der Kolben den Cylinderboden erreicht hat, gegen die elastischen Lager **G** stößt. Jedoch findet dies Aufstoßen nicht immer statt, da das Gewicht der Gestänge, der Druck des Dampfes in dem Cylinder und in den Ventilöffnungen so regulirt ist, daß diese Stöße bei einem normalen Gange der Maschine gar nicht erfolgen können.

Die Dampfvertheilung findet bei den Wasserhaltungsmaschinen im Allgemeinen mit Hülfe von Ventilen statt. Wir haben im ersten Theile dieses Werkes, S. 145 und folgende gesehen, womit sie bei doppelt wirkenden Maschinen bewirkt wird, und wir wollen nun hier erläutern, worin sie bei einfach wirkenden Maschinen abweicht.

Es giebt in diesem Falle nur 3 Punkte, nämlich:

das Einlaßventil oder Absperrventil S;

das Aequilibrium- oder Gleichgewichts-Ventil S';

das Exhaustions- oder Auslaß-Ventil S''.

Durch das erste strömt der Dampf in den unteren Theil des Cylinders unter dem Kolben.

Das zweite stellt die Verbindung über und unter dem Kolben her.

Das dritte gestattet dem unter dem Kolben befindlichen Dampfe, sich in den Condensator zu begeben.

Das erste und das dritte öffnen sich zusammen, während das zweite verschlossen ist. Alsdann geht der Kolben nieder, und da die Maschine mit Expansion wirkt, so verschließt sich das Einlaßventil während des Kolbenlaufs von oben nach unten im Cylinder. Wenn der Kolben zu diesem letzteren Punkte gelangt ist, so schließt sich das Auslaßventil, wogegen sich das Gleichgewichtsventil öffnet.

Da nun eine Verbindung der Räume über und unter dem Kolben stattfindet, so steigt der Kolben durch das Gewicht des Schachtgestänges auf. Kaum hat er den obersten Punkt seines Laufes erlangt, so schließt sich das Gleichgewichtsventil, wogegen sich die Einlaß- und Auslaßventile öffnen u. s. f.

Die Geschwindigkeit, in welcher die Kolbenzüge bei den Wasserhaltungsmaschinen auf einander folgen, wird durch einen kleinen Apparat, den sogenannten Kataract oder Hubzähler regulirt.

Der Kataract ist eine Druckpumpe H (Fig. 1.), deren Kolben durch einen zweiarmigen Hebel I bewegt wird, der an der Stelle J auf die folgende Weise befestigt worden ist.

Bei t ist an den Steuerungsbaum oder der Steuerstange T ein Knaggen angebracht, welcher in dem Augenblicke, in welchem der Triebkolben seinen niedrigsten Standpunkt erreicht hat, gegen das Ende des Hebelarmes I stößt. Derselbe hat die entgegengesetzte Richtung von dem, der mit den Pumpenkolben H in Verbindung steht, und hebt daher diesen letztern um eine gewisse

Größe, wobei ein Gegengewicht K behülflich ist, welches an dem einarmigen Hebel hängt. Wenn die Stange T aufwärts geht, so verläßt der Knaggen t den Hebel I, das Gegengewicht K sucht den Pumpenkolben aufwärts zu ziehen und das beim Heben angesogene Wasser durch die Steigröhre auszudrücken, und zwar um so rascher, je größer der Querschnitt dieser Röhre ist. Es folgt daraus, daß wenn man den Ausströmungsdurchschnitt des Wassers durch diese Röhre mittelst eines Hahnes verändert, der Niedergang des Kolbens und des Gegengewichts K mehr oder weniger schnell erfolgt. Wenn die Oeffnung des Einlaßventils nur erst dann stattfindet, wenn der Kolben den niedrigsten Punkt seines Laufes erreicht hat, so sieht man daraus, daß die Anzahl der Kolbenzüge der Maschine ganz und gar von der größeren oder geringeren Oeffnung des Hahnes an der Steigeröhre der Pumpe abhängt.

Die Figuren 2. und 3. (Taf. XXII.) stellen so detaillirt als möglich eine Vertheilungsbewegung für eine einfach wirkende Maschine, wie sie Fig. 1. darstellt, dar. Diese Bewegung ist von der im ersten Theile beschriebenen nur wenig verschieden.

Man hat in den Figuren 2. und 3:

	Einlaßventil.	Gleichgewichtsv.	Auslaßv.
Ventile	S	S′	S″
Hebel	L	L′	L″
Wellen	A	A′	A″
Arme	M	M′	M″
Gegengewichte . .	P	P′	P″
Klauen	C	C′	C″
Knaggen	c	c′	c″
Knaggen der Arme .	t	t′	t″

In der Stellung der Figuren gelangt der Triebkolben zu seinem niedrigsten Standpunkte; der Knaggen t″ hat den Griff M″ niedergedrückt und das Ventil S″ geschlossen. Zu gleicher Zeit hat die Stange T auf den Hebel gedrückt und hat das Gewicht K und die Stange T′ des Kataracts, die mittelst eines Gelenkes mit dem Hebel dieses Gegengewichtes verbunden ist, gehoben. Diese Stange T′ hat bei ihrem Aufgange die Klaue c gehoben und den Daumen C losgeklinkt; es folgt daraus, daß durch Wirkung des Gegengewichts P′ das Gleichgewichtsventil S′ geöffnet worden ist.

Der Kolben steht daher im Begriff, durch das Gewicht des Schachtgestänges und der daran hängenden Pumpenkolben an dem

einen Ende des Balanciers in die Höhe zu gehen. Hat er das oberste Ende seines Laufes erreicht, so wird das Einlaßventil, welches der Knaggen **t** geschlossen hält, indem derselbe auf den Griff **M** in Verbindung mit der Klaue **c**, die auf den Daumen **C** wirkt, kein anderes Hinderniß des Aufganges haben, als die Klaue **c**. Nun beginnt aber die Stange **T'**, die durch den Hebel des Kataracts gehoben worden ist, indem der Knaggen des Armes dagegen stieß, durch Einwirkung des Gegengewichts dieses Apparates wiederum zu sinken, und durch diesen Niedergang steigt die Stange **T''** aufwärts, und dieses bewirkt die Bewegungsmittheilung durch einen kleinen zweiarmigen Hebel. Wenn die Stange **T''** die Klauen **c** und **c''** erreicht hat, so hebt sie dieselben und klinkt die Daumen **C** und **C''** los, so daß mit Hülfe der Gegengewichte **P** und **P''**, die Ventile **S'** und **S''** geöffnet werden.

Der Knaggen **t** und der Arm **M** sind von den anderen Knaggen und Armen darin verschieden, daß sie mit Hülfe des Einlaßventils die Expansion bewirken. Zu dem Ende ist der Knaggen sehr lang und der Arm sehr kurz, so daß, wenn sich beide Stücke treffen, der Griff hintergeht, indem er das Ventil schließt; damit die Expansion veränderlich ist, ist der Knaggen **t** auf der Stange **T** verschiebbar und wird durch die Stange τ, die unten mit einem Schraubengewinde versehen ist, an seiner Stelle erhalten; dieses Gewinde ist in einer kleinen Hülse δ befindlich, und wird mittelst zweier Schraubenmuttern ε ε' befestigt.

§. 2. Wasserhebungsmaschinen mit Winkel=Balancier oder Kunstkreuz.

Kreuze oder Winkelbalanciers (Fig. 28. Taf. XVIII.) müssen jedesmal bei Wasserhebungsmaschinen angewendet werden, wenn die Pumpen saugend und hebend, oder die Kunstsätze hohe Saugsätze sind. Das Ende des horizontalen Armes von dem Kreuze, an welchem das Pumpengestänge nicht hängt, ist mit einer eisernen Stange versehen, an welche Gewichte von dem Belang aufgehängt worden sind, um das überschüssige Gewicht des Gestänges ausgleichen zu können, welches nur hinreichend zu sein braucht, um den Niedergang zu bewirken.

Der Dampfcylinder liegt alsdann horizontal und theilt die Bewegung dem Balancier mit, und zwar durch eine Lenkstange, die mit dem Ende des senkrechten Armes verbunden ist.

Wir kennen jedoch keine einfach wirkende Wasserhebungsmaschine dieser Art. Häufig findet man Kreuze bei kleineren Wasserhaltungsmaschinen, die aber doppelt wirkend und rotirend sind und auf die wir zurückkommen.

Es ist nicht selten der Fall, daß eine Grube auflässig wird, d. h. aus irgend einem Grunde nicht mehr betrieben werden, und daß alsdann die auf derselben befindliche Wasserhaltungsmaschine nicht mehr gebraucht werden kann. Um sie jedoch von ihrer einmaligen Stellung aus, d. h. ohne sie abzubrechen und bei einem anderen Schachte wieder aufzustellen, dennoch zu benutzen, verbindet man sie mit dem Kunstkreuze über dem Schachte mittelst eines Gestänges, eines sogenannten Feldgestänges. Jedoch ist dazu auch eine doppelt wirkende Rotationsmaschine erforderlich, und die Gestänge geben stets zu einer großen Reibung Veranlassung.

§. 3. Wasserhebungsmaschinen ohne Balancier.

Balanciers sind stets ein großer Uebelstand für die Dampfmaschinen, indem sie dieselben complicirter und kostbarer machen und die Reibung vermehren, weßhalb man sie auf alle mögliche Weise zu vermeiden gesucht hat. Man hat daher dem Schachtgestänge die Triebkraft unmittelbar mitgetheilt, indem jenes eine Verlängerung der Dampfkolbenstange bildet.

Wir erwähnen dreier Maschinen dieser Art: die eine steht zu Dugrée bei Lüttich im Betriebe, arbeitet mit 300 Pferdekräften und treibt das Hohofengebläse, während sie auch Wasser aus einer Steinkohlengrube hebt.

Eine andere Maschine ist auf der Steinkohlengrube Bonne-Fortune zu Ans in Belgien aufgestellt, ist ebenfalls einfachwirkend und arbeitet mit Hochdruckdämpfen ohne Condensation.

Eine dritte Maschine dieser Art ist auf der Steinkohlengrube Grand Bac zu Sclessin bei Lüttich im Betriebe.

Der Dampf wirkt bei dieser Maschine mit Expansion ohne Condensation; zur Regulirung der Anzahl zu bewirkender Spiele, und um den Brennmaterialverbrauch mit dem Nutzeffect der Maschine in ein richtiges Verhältniß zu setzen, ist ein Cataract angebracht, und um eine möglichst genaue Ausgleichung zwischen Kraftaufwand und Leistung zu bewirken und für die Förderung vermehrter Leistung eine Reserve zu besitzen, ist ein Theil vom Gewichte der Kolben- und Schachtstange durch ein Gegengewicht ausgeglichen, dessen Hebel zur Bewegung der Steuerstange und der Speisepumpe für den Kessel benutzt ist.

Die Maschine ist in der unter Leitung von Regnier-Poncelet stehenden Anstalt von St. Léonard in Lüttich gebaut und sollte contractlich wenigstens 1200 Liter Wasser in der Minute aus 400 Meter Tiefe heben, dabei Dampf von 4 Atmosphären Span-

nung benutzen, vor Erreichung dieser Tiefe eine proportionale vergrößerte Wassermenge heben und dabei 5 Kilogr. Kohlenklein im Maximum verbrauchen.

Es würde unter anderen Umständen, als den vorliegenden, z. B. bei einem leichten Schachtgestänge, möglich sein, auch doppelt wirkende Maschinen anzuwenden, jedoch würde dies durchaus nicht zweckmäßig genannt werden können, indem Wasserhaltungs-Dampfmaschinen einfach wirkend sein müssen. Will man den Dampf bei Maschinen mit directem Zuge auf den Kolben wirken lassen, um seine Kraft der Schwere des Gestänges hinzuzufügen, so daß das Wasser in den Steigröhren aufgehen muß: so wirkt das Schachtgestänge drückend und dieser Druck veranlaßt Seitenbiegungen, wodurch ein Kraftverlust entsteht und das Gestänge mehr oder weniger bald in Unordnung gebracht wird.

Die Maschine muß daher unter den obigen Bedingungen betrieben werden, indem dieselben unter den jetzigen Umständen unerläßlich sind; denn sie muß 1) wegen der geringen Kolbenoberfläche, auf die der Dampf drückt, um das Gewicht des Gestänges zu überwinden, mit Hochdruck arbeiten. 2) Sie muß einfach wirkend sein, weil das Gewicht des Gestänges mehr als hinreichend ist, um das Wasser auszudrücken. 3) Die Maschine muß beim Niedergange des Kolbens ohne Condensation arbeiten, denn man könnte sie während dieses Niederganges nicht gebrauchen, indem das Gewicht des Gestänges weit bedeutender ist, als das Gewicht des zu hebenden Wassers und als die Kraftverluste. Ueberließe man das Gestänge sich selbst, so würde es plötzlich zurückfallen, nachdem es den höchsten Standpunkt erreicht hätte, und würde Brüche veranlassen, sowohl bei den Kunstsätzen, als auch bei der Dampfmaschine. Man muß daher unter dem Kolben, während dessen Niedergange, Dampf in den Cylinder lassen. Seine Spannung ist so regulirt, daß der Niedergang nicht gehindert wird, und daß er jedoch hinreicht, um nicht plötzlich zu erfolgen. Beim Aufgange des Kolbens würde jedoch die Condensation ganz zweckmäßig sein.

Bei den bis jetzt angewendeten, direct wirkenden Wasserhebungs-Dampfmaschinen mußte das Gesammtgewicht des Schachtgestänges, der Pumpenstangen, des Dampfkolbens, der Kolbenstange rc. im Verhältniß zu dem Gewichte der zu hebenden Wassersäule, sehr genau bestimmt werden. Bei einfach wirkenden Maschinen muß dieses Gewicht, nach Abzug der Kraftverluste,

gleich dem Gewichte der Wassersäule und bei doppelt wirkenden Maschinen, gleich der Hälfte des Gewichts derselben sein.

Man wird leicht einsehen, daß diese Bedingung nur schwer zu erfüllen ist, indem das Gestänge noch einer anderen, noch wichtigeren Bedingung entsprechen muß. Es muß nämlich den Brüchen, welche bei dem Gange der Maschine veranlaßt werden könnten, Widerstand zu leisten, entgegengewirkt werden. Man muß daher zu dem Schachtgestänge ein Material benutzen, welches nicht leicht ist, so daß dessen vorherige Berechnung keine Schwierigkeiten hat.

Bis jetzt hat man bei den direct wirkenden Maschinen dieser Art zur Ausgleichung des überschüssigen Gewichts ein Gegengewicht angewendet, welches mit dem einen Ende an dem oberen Theile der Dampfkolbenstange befestigt ist, und deren mittlerer Theil über eine Rolle läuft. Auch Gegenbalanciers hat man angewendet.

Bei der Maschine der Grube Bonne-Fortune, die wir hier beschreiben, wird das Uebergewicht durch eine Art Presse (**comprimair**) ausgeglichen. Der Apparat besteht in einer Röhre, welche von dem Cylinderboden aus und in einen Wasserbehälter geht. Im Innern dieser Röhre ist irgend eine Schließplatte angebracht, die man mit der Hand bewegen und mit deren Hülfe man den Querschnitt der Röhre verändern kann. Wenn man Dampf unter den Cylinder einströmen läßt, so ist die Verbindung zwischen demselben und der Preßröhre unterbrochen; sie stellt sich wieder her, sobald der Kolben seinen höchsten Standpunkt erreicht hat und wieder nieder geht. In dem Augenblicke des Niederganges sucht der Dampf, in Folge seiner Spannung und der Einwirkung des Kolbens, durch die Preßröhre in die Atmosphäre zu entweichen, welche, da sie einem schnellen Ausströmen keinen hinreichenden Querschnitt darbietet, dem Dampfe gestattet, dem zu schnellen Niedergange des Kolbens einen zweckmäßigen Widerstand zu leisten.

Zweiter Artikel.

Werkzeugs-Dampfmaschinen.

Die Werkzeugs-Dampfmaschinen haben den Zweck, in den Werkstätten die Rotationsmaschinen bei allen Operationen zu ersetzen, bei welchen die Arbeit unterbrochen oder fast augenblicklich ist.

Es sind diese Maschinen hauptsächlich wegen der Einfachheit ihrer Construction bemerkenswerth; sie arbeiten weder mit Expan-

sion noch Condensation und es würde auch gar nicht zweckmäßig sein, die eine oder die andere dabei anzuwenden.

Die Fig. 1. und 2., Taf. XXIII. stellen eine Maschine dar, welche zum Bohren oder Lochen, und zum Schneiden von starkem Blech zu Dampfmaschinenkesseln angewendet wird. Die Fig. 3., 4., 5. und 6. stellen die einzelnen Theile des Durchschlags und der Scheere dar, welche sehr leicht wechseln können. Später hat man die Lenkstange, die Kurbel und das Schwungrad weggelassen, und wendet statt dessen einen hölzernen Balken an, gegen den der Kopf der Verbindung der Kolbenstange mit dem Hebel des Werkzeuges stößt.

Fig. 7. und 8. geben eine Skizze von dem sinnreichen Dampf- oder Stempelhammer, den der Franzose Bourdon zu Creusot und der Engländer Nasmyth zu gleicher Zeit erfunden und construirt haben. Der Dampf tritt unter den Kolben und hebt den Hammer mehr oder weniger hoch, worauf er ausströmt und der Hammer durch seine eigene Schwere mit beliebiger Geschwindigkeit fällt.

Dritter Artikel.

Doppelt wirkende Gebläse-Maschinen.

I. Ohne Rotation.

Die doppelt wirkenden Dampfmaschinen ohne Rotation werden, wie wir schon weiter oben bemerkt haben, am häufigsten zur Bewegung der Gebläsekolben angewendet.

Die Maschine besteht in diesem Falle aus zwei Haupttheilen, nämlich dem Motor und dem Gebläse.

Der Motor oder die Triebmaschine ist nach denselben Principien construirt, als die rotirenden Dampfmaschinen, von denen wir weiter unten reden werden; jedoch fehlen ihr diejenigen Theile, welche ausschließlich zur Verwandlung der wiederkehrend geradlinigten Bewegung des Triebkolbens in die continuirlich rotirende einer Welle angewendet werden.

Das Gebläse besteht aus einem Cylinder, in welchem sich ein Kolben bewegt, der seine Bewegung von dem Triebkolben auf verschiedene Weise, je nach den relativen Stellungen der Achsen beider Apparate, erhält. Diese Stellungen sind aber entweder senkrecht oder horizontal.

In beiden Fällen stehen entweder der Trieb- und der Gebläse-Cylinder fest, oder der eine oder der andere ist schwingend,

obgleich schwingende Cylinder selten sind. Lauf und Geschwindigkeit der beiderlei Kolben sind gleich unter einander. Es folgt daraus, daß die Kolbenstangen entweder so unter einander verbunden sind, daß sie zusammen eine bilden, oder daß diese Verbindung durch einen einfachen Uebertragungs-Apparat bewirkt worden ist.

Da sich die Achsen der Cylinder horizontal oder vertical treffen können, so sieht man, daß vier Fälle doppelt wirkender Maschinen ohne Rotation vorkommen können, nämlich:

Senkrechter Trieb-Cylinder	Verticaler Gebläse-Cylinder.
	Horizontaler Gebläse-Cylinder.
Horizontaler Trieb-Cylinder	Verticaler Gebläse-Cylinder.
	Horizontaler Gebläse-Cylinder.

1. Trieb- und Gebläse-Cylinder senkrecht.

Es giebt zwei Einrichtungen, welche in diesem Falle entsprechen.

Die erstere besteht darin, die beiden Cylinder über einander zu stellen, so daß sie eine und dieselbe Achse haben. Diese Einrichtung, welche man zuweilen anwendet, ist die einfachste, welche man sich denken kann; das einzige Nachtheilige, welches sie darbietet, besteht darin, die Größe der Kraft, welche zur Hebung und zur Senkung der Kolben erforderlich ist, ungleich zu machen. Die Maschine muß alsdann, wie die weiter oben erwähnte Wasserhaltungsmaschine zu Dugrée, einfach wirkend sein, wenn der obige Nachtheil verschwinden soll. Dies kann aber auch nicht anders bewirkt werden, als mit Hülfe eines bedeutenden, an die Kolbenstange aufgehängten Gewichts, und dies ist nur dann möglich, wenn die Maschine auch zur Wasserhaltung dient, wie die erwähnte.

Die zweite Einrichtung besteht darin, die beiden Cylinder an den entgegengesetzten Enden eines Balanciers anzubringen und die Kolbenstange durch Parallelogramme mit demselben zu verbinden. Diese Einrichtung, welche fast ausschließlich angewendet wird, ist der beste Typus für Gebläsemaschinen und hat gegen die vorhergehende den großen Vorzug, das Gewicht der beiden Kolben gegenseitig auszugleichen.

2. Trieb-Cylinder senkrecht, und Gebläse-Cylinder horizontal.

Die in diesem Falle zweckmäßige Einrichtung besteht darin, die Bewegung des Triebkolbens der des Gebläsekolbens durch

einen Winkelbalancier mitzutheilen, dessen beide Arme einen rechten Winkel machen. Die Enden der beiden Arme müssen entweder mit Lenkern und Gegenlenkern, oder mit Parallelogrammen versehen sein.

Diese Einrichtung ist wegen ihrer Einfachheit zweckmäßig; allein die Gebläse-Cylinder haben gewöhnlich einen bedeutenden Durchmesser, und wenn man sie horizontal anbringt, so werden sie oval. Nun kann man freilich diesen Fehler leicht dadurch verbessern, daß man sie horizontal ausbohrt. Außerdem ist auch die Reibung des Kolbens bedeutender, als bei senkrechten Gebläse-Cylindern, bei denen nur die Liederung allein reibt.

3. Trieb-Cylinder horizontal, und Gebläse-Cylinder senkrecht.

Dieser Fall, der umgekehrte von dem vorhergehenden, lös't sich durch dieselbe Einrichtung, wie die vorhergehende, allein sie hat nicht dieselben Nachtheile; denn eines Theils sind die Dampfcylinder selten so weit und so dünn, daß man leicht das Ovalwerden zu fürchten hat, und andern Theils ist auch die Reibung der Liederung des Dampf-Cylinders nicht viel bedeutender, als wenn er steht.

Der Vortheil, den diese Einrichtung darbietet, alle beweglichen Maschinentheile in geringer Entfernung von der Sohle des Gebäudes anzubringen, und die Einfachheit der ganzen Verrichtung sind der Grund, weßhalb man sie als eine der besten betrachten darf, die es giebt; jedoch ist sie, unseres Wissens, noch gar nicht angewendet worden.

4. Trieb- und Gebläse-Cylinder horizontal.

Nach dem, was wir über den zweiten Fall gesagt haben, bleibt uns über den letzten wenig zu sagen übrig. Da beide Kolbenstangen auf einer Linie mit einander verbunden sind, wie bei der ersten Einrichtung des ersten Falles, so bleibt die auf beiden Seiten zu verbrauchende Kraft dieselbe; allein die Reibung der Kolben ist auch in beiden Cylindern stark. Obgleich die Einrichtung daher sehr einfach ist, so kann sie doch auch nicht glücklich genannt werden.

Uebrigens sind in allen vier Fällen die Formen und Dimensionen des Gebläses fast dieselben.

Die Fig. 9., Taf. XXIII., stellt die Skizze von dem zweckmäßig eingerichteten Gebläse zu Decazeville im französischen Aveyron-Departement dar, und es bezeichnen auf der Figur:

A den senkrechten Gebläsecylinder;

B den Gebläsekolben, der durch einen Balancier mit Parallelogramm in Bewegung gesetzt wird;

C, C′ die Saugventile für die Luft;

C″, C‴ die Auslaßventile für die verdichtete Luft;

D den Luftsammelkasten;

E die Windleitung zum Regulator;

F den Regulator.

Der letztere ist hier kugelförmig und hat einen constanten räumlichen Inhalt. Regulatoren mit constantantem Inhalte sind die besten, allein es ist unnütz, ihnen die kostbare Form einer Kugel zu geben, indem ein Cylinder aus dünnem Blech hinreicht. Gemauerte Windbehälter taugen nichts, denn wenn man sie auch noch so sorgfältig herrichtet, so geht doch stets Wind verloren. Bei G ist ein kleiner Kolben oder Kataract, um die Anzahl der Kolbenzüge mit dem Windverbrauche ins Verhältniß zu bringen.

Bei H befindet sich ein Klappenventil, welches durch einen kleinen Kolben I bewegt wird, dessen untere Seite mit dem Windkasten in Verbindung steht. Das Ventil hat denselben Zweck wie die Klappen C″ C‴, d. h. sich beim Auslassen zu öffnen und beim Ansaugen zu schließen.

Wenn demnach die gedachten Klappen in schlechtem Zustande sind, so schließt sich die Klappe H und hält einen Theil der Luft, welche zu entweichen sucht, zurück.

Bei K befindet sich ein Sicherheitsventil, welches einen zu starken Druck im Regulator verhindert, sobald der Verbrauch des Windes zu gering ist, und der Kataract G in Unordnung geräth, so daß die Maschine ununterbrochen wirkt.

Bei den doppelt wirkenden Maschinen ohne Rotation wird die Dampfvertheilung gewöhnlich durch Ventile bewirkt, da es unerläßlich ist, am Ende des Kolbenlaufes eine augenblickliche Entleerung zu veranlassen, indem sonst Stöße des Kolbens gegen den Cylinderboden und Deckel entstehen.

Die Enden des Balanciers sind auch zu dem Ende mit Querstücken K versehen, welche auf Balken aufschlagen, wie wir es bei den einfach wirkenden Maschinen sahen.

Man ersieht hieraus, daß es nur in dem Falle zweckmäßig ist, doppeltwirkende Maschinen ohne Rotation anzuwenden, wenn die Maschine eine sehr bedeutende Kraft hat. Anderntheils müssen die Kolben in den Cylindern auch einen bedeutenden Spielraum

erhalten, wenn man das Aufschlagen der Querbalken K bei jedem Hub vermeiden will.

Wenn demnach die Kraft dieser Maschinen die von 50 Pferden nicht übersteigt, so zieht man es vor, sie durch Hinzufügung von Bläuel, Kurbel, Welle und Schwungrad in Rotation zu setzen. Es ist alsdann möglich, durch Excentriken bewegte Schieber anzuwenden, die den Kolbenlauf beschränken und einen geringern Spielraum gestatten.

Bei großen Gebläsen ist es daher weit besser, Maschinen ohne Rotation anzuwenden. Der an dem Ende eines jeden Kolbenzuges alsdann stattfindende Stillstand gestattet es den Windklappen, sich durch ihr eigenes Gewicht zu schließen, wie es bei Rotationsmaschinen nicht stets der Fall ist, besonders bei großen Geschwindigkeiten, und wodurch Windverluste veranlaßt werden. Andererseits ist es, bei starkem und meistens sehr veränderlichem Windverbrauche, höchst wichtig, nur die durchaus nöthige Anzahl der Kolbenzüge zu geben.

II. Mit Rotation.

Es giebt einen Fall, in welchem es unnütz oder selbst schädlich ist, wenn ein Gebläse nach Vollendung eines jeden Kolbenzuges einen gewissen Stillstand hat, ein Umstand, welcher bei großen Hüttengebläsen zur Einführung von gepreßter Luft in Oefen und Herden so vortheilhaft ist. Der vorliegende Fall ist der, wenn die Luft in die Röhre einer atmosphärischen Eisenbahn eingeblasen oder herausgesaugt werden soll. Wirklich ist dabei der Hauptgesichtspunkt, keine verhältnißmäßig veränderliche Leistung, sondern dieselbe in einer möglichst gegebenen Zeit zu veranlassen. Die Zeitpunkte des Stillstandes der Maschine sind alsdann in Beziehung auf die Leistung unnütz; sie würden auch in dem vorliegenden Falle vortheilhaft für den Verschluß der Klappenventile sein, wenn sie nicht einen nachtheiligen Einfluß auf die Geschwindigkeit hätten, welche eine nothwendige Bedingung für diese Apparate ist. Es folgt daraus, daß Maschinen dieser Art, so stark sie auch sein mögen, stets rotirend sein müssen.

Wenn die Gebläse mit rotirender Bewegung senkrechte Cylinder sind, die sich an den Enden eines Balanciers befinden, so wird die Kurbelstange etwa an einem Viertel von der Länge des letzteren angebracht. In diesem Falle beträgt der Kurbelhalbmesser nur ein Viertel von dem Kolbenlaufe. Kurbel und Kurbelstange haben aber in diesem Falle einen bedeutenden Widerstand zu leisten und

veranlassen häufige Brüche, auch ist diese Einrichtung nur bei Maschinen unter 25 Pferdekräften zweckmäßig, obgleich sie selbst von guten Maschinenbauern auch bei größern angewendet worden ist. Jedenfalls verdient die Anwendung von Maschinen ohne Rotation in diesem Falle den Vorzug.

Die Fig. 10. auf Taf. XXIII. und die Taf. XXIV. und XXV., stellen das System rotirender Luftsauger oder die Luftpumpe dar, die durch den französischen Ingenieur Eugen Flachat für die atmosphärische Eisenbahn von St. Germain erbaut worden ist.

Jeder Apparat besteht aus zwei horizontalen Rotationsmaschinen, die gekuppelt sind und jede eine Kraft von 100 bis 125 Pferden besitzen. Ein auf der gemeinschaftlichen Welle A beider Maschinen angebrachtes Schwungrad erscheint zwar auf den ersten Blick ohne Nutzen, da die beiden Krummzapfen rechtwinklich zu einander stehen; allein es regulirt nicht die Bewegung vollkommen, sondern es verhindert auch die Maschine, zu schnell zu gehen, wenn zufällig nach einer starken Belastung dieselbe fast leer läuft, sobald durch einen Zufall oder durch irgend eine andere Ursache der Widerstand mehr oder weniger wegfällt.

Das Gebläse oder die Luftpumpe besteht aus zwei Cylindern. Die Mittheilung der Bewegung von den Triebkolben zu den Saugkolben erfolgt nicht direct, sondern mittelst eines Getriebes B, eines Stirnrades C und einer zweiten Kurbelwelle D.

Zwar geht durch eine solche Einrichtung etwas von der Triebkraft verloren, allein sie gewährt den großen Vortheil, daß der Ingenieur einem jeden von den Kolben die Geschwindigkeit ertheilen kann, welche für das Fluidum, in welchem er sich bewegt, am zweckmäßigsten ist.

Diese zur Erlangung des höchsten Nutzeffects unerläßliche Bedingung kann mittelst directer Bewegungs-Uebertragung nur unvollkommen erreicht werden, da diese die Benutzung eines Balanciers mit ungleichen Armen erfordert, weßhalb man sie gewöhnlich nicht benutzt.

Da die Geschwindigkeit des Dampfkolbens sehr groß sein kann, und muß, sowohl wegen der starken Pressung, welche die Ausströmung veranlaßt, als auch wegen der zu vermeidenden Abkühlung; da hingegen die Geschwindigkeit des Luftkolbens sehr gering sein muß, da der wirkende Druck des Ausströmens selbst sehr schwach ist, so findet man es in den gewöhnlichen Fällen zweckmäßiger, eine mittlere Geschwindigkeit anzunehmen, welche

weder für die eine, noch für die andere Flüssigkeit paßt; auch muß man alsdann, wie schon bemerkt, doppelt wirkende Maschinen ohne Rotation anwenden, die an beiden Enden des Kolbenlaufs einen Ruhepunkt haben.

Bei Luftpumpenmaschinen atmosphärischer Eisenbahnen würde eine Maschine ohne Rotation sehr gefährlich sein, und zwar aus dem bereits oben erwähnten Grunde, welche die Anwendung des Schwungrades erfordert hat. Es folgt daraus, daß Zahnräder die einzige zweckmäßige Combination bilden.

Da die zu übertragende Kraft in jedem Augenblicke zunimmt, und zwar von Null bis zu einem bestimmten Maximum, so war die Anwendung der veränderlichen Expansion unerläßlich, und sie ist bei diesen Maschinen auf eine sehr sinnreiche Weise gemacht worden.

Die Vertheilung des Dampfes wird durch Laternenventile bewirkt. Zu dem Ende erfolgt die Bewegung des Distributors mittelst einer Welle E mit Hebedaumen, von denen zwei cylindrisch und fest für die Expansionsventile F, F'' und zwei conisch, mit beweglichen Muffen verbunden und für die Introductionsventile G, G' bestimmt sind. Diese Muffen werden entweder mit der Hand, oder mittelst der vierarmigen Kurbel H und der Schraube ohne Ende I, oder mittelst des conischen Pendels J durch die beiden Getriebe K bewegt, von denen jedoch nur ein einziges (Fig. 2., Taf. XXIV.) sichtbar ist. Da dieselben abwechselnd mit dem Rade L auf der Welle I im Eingriffe stehen können, je nachdem die Geschwindigkeit der Maschine zu- oder abnimmt, da nämlich im ersteren Falle die Kugeln des Pendels auseinander gehen; so steigt das untere Getriebe J in die Höhe, greift in das Rad L und zeigt abnehmende Schnitte der Hebedaumen an den Hebungsstangen der Introductionsventile G, G'. Nimmt die Geschwindigkeit ab, so findet das Entgegengesetzte statt. Das obere Getriebe ist es, welches mit dem Rade L im Eingriffe steht, und zunehmende Schnitte der Hebedaumen an den Stangen der Introductionsventile zeigt.

Zwei conische Schrauben ohne Ende, welche abwechselnd in ein Stirnrad greifen, sind zweckmäßiger als die Getriebe K, da sie weniger schnell wirken, und man hat diese Einrichtung auch bei ähnlichen Maschinen angewendet.

Außer der Expansion werden die Maschinen bei den atmosphärischen Eisenbahnen nach St. Germain auch mit Condensation betrieben, jedoch mit der wesentlichen Abweichung gegen alle andern

Dampfmaschinen, daß die Luftpumpe durch eine besondere Maschine N, Fig. 2. und 3., Taf. XXV., bewegt wird. Dieses Condensationssystem, welches eine Folge der Stellung der Triebmaschinen ist, die sich wenig zur Condensation eignen, hat den Vortheil, daß es dem Maschinenwärter gestattet ist, die ganze Luftleere zu erlangen, die er für nothwendig hält, und zwar durch eine Beschleunigung, deren Geschwindigkeit unabhängig von der Luftpumpe ist.

Wir gehen nun hier in keine weiteren Details über die Rotationsmaschine ein, da wir die verschiedenen Arten derselben in dem Folgenden näher betrachten werden.

Vierter Artikel.

Feststehende, doppelt wirkende Rotations-Dampfmaschinen.

Diese Maschinen, welche am meisten von allen Dampfmaschinen angewendet werden, haben durch ihre höchst verschiedenartige Anwendung eine sehr bedeutende Menge von verschiedenartigen Einrichtungen erlangt.

Diese Einrichtungen, von denen eine jede ganz besonders einer bestimmten Gattung und einer gewissen Kraft entspricht, lassen sich im Allgemeinen von den folgenden drei Umständen ableiten, nämlich:

1) von der mechanischen Beschaffenheit des Triebcylinders;

2) von der Stellung seiner Achse;

3) von der Stellung der Triebwelle.

Wirklich kann der Triebcylinder, nach der Wahl des Maschinenbauers, während des Betriebes einen von den folgenden drei mechanischen Zuständen annehmen, nämlich:

1) den Zustand der Ruhe;

2) den Zustand der Schwingung um eine Achse, die senkrecht auf der Ebene der Bewegung der ihrigen steht;

3) den Zustand der Drehung um eine Achse, ebenfalls senkrecht auf der Bewegungsebene der ihrigen stehend.

In den beiden ersten Fällen kann die Cylinderachse eine von den folgenden drei allgemeinen Stellungen annehmen, nämlich:

1) die senkrechte;
2) die geneigte;
3) die horizontale.

In dem dritten Falle nimmt die Cylinderachse nach und nach alle Stellungen ein.

Die Triebwelle kann, wie der Cylinder, die weiter unten nachgewiesenen drei allgemeinen Stellungen einnehmen. Es folgt daraus, daß die Zahl der verschiedenen Einrichtungen, welche eine Maschine in Beziehung auf die Beschaffenheit des Triebcylinders und auf die gegenseitigen Stellungen desselben Cylinders und der Triebwelle anzunehmen vermag, sich auf 27 beläuft. Jedoch finden sich unter dieser Zahl solche, die entweder gar nicht, oder nur so wenig angewendet werden, daß man sie gänzlich unberücksichtigt lassen kann. Außer den Fällen, in denen die Triebwelle senkrecht oder geneigt ist, sind die am häufigsten angewendeten Einrichtungen der Dampfmaschinen die folgenden sieben:

1) der Cylinder fest und senkrecht, die Welle horizontal;
2) — — geneigt, —
3) — — horizontal, —
4) — schwingend, senkrecht, —
5) — — geneigt, —
6) — — horizontal, —
7) — drehend, horizontal. —

Eine jede von diesen allgemeinen Einrichtungen giebt Veranlassung zu einer geringern oder größern Anzahl besonderer Einrichtungen, die man Systeme nennt, und die größtentheils von der Gattung der Maschine und von der größeren oder geringeren Höhe, in welcher die Triebwellenachse über der Sohle der Maschine liegt, abhängt.

Lassen wir für jetzt den Einfluß, den die Gattung einer Maschine auf das System haben kann, unberücksichtigt und betrachten wir die verschiedenen Fälle, zu denen die Lage der Achse von der Triebwelle über der Sohle der Maschine Veranlassung giebt. Nehmen wir zu dem Ende den Kurbelhalbmesser als Einheit der Höhe an, so werden wir finden, daß bei weitem in den meisten Fällen, welche sich beim Aufstellen der Dampfmaschinen darbieten, die Höhe der Triebwelle über der Sohle zwischen minus 1 und plus 10 Kurbelhalbmessern begriffen ist. Wir haben hier folgende Zahlenverhältnisse zu berücksichtigen:

Durchmesser des Cylinders bei Niederdruck . 1
Halbmesser der Kurbel 1

Länge des Balanciers 6
Länge der Kurbelstange 5
Durchmesser des Schwungrades 6

Macht man alsdann nach und nach die Höhe der Wellachse gleich — 1, + 1, + 2, + 3, + u. s. w., so erhalten wir die folgende Reihe der gebräuchlichsten Maschineneinrichtungen, wobei wir uns auf die Fig. 1. bis 26., Taf. XIV. beziehen.

Auf diesen Figuren bezeichnen:

L T die Maschinensohle;

A die Triebwelle;

B den Dampfcylinder;

C die Dicke des Triebkolbens nebst dem Spielraume und den Einströmungsöffnungen am Boden und Deckel;

D den Balancier;

E die Kurbelstange;

F die Kurbel;

G das Schwungrad.

Wir haben:

1. Wenn die Triebwelle zwischen — 1 und Null über der Sohle der Maschine liegt:

Balancier-Maschine (Fig. 1., bei welcher die Länge der Kurbelstangen) (Fig. 7.), bei der die Länge derselben 6 beträgt, wie oben.

Maschine mit Kurbelstangen im Rahmen (Fig. 3.) verkürzt.

Maschine mit sich drehendem Cylinder (Fig. 6.), die Triebwelle unter der Drehungsachse des Cylinders.

2. Wenn die Triebwelle zwischen Null und + 1 über der Sohle der Maschine liegt:

Maschine mit zwei Kurbelstangen (Fig. 2.) in ihrem Normalzustande.

Maschine mit einer Kurbelstange im Rahmen (Fig. 3.) verlängert.

Maschine mit horizontalem Cylinder (Fig. 4.).

Maschine mit horizontalem, schwingendem Cylinder (Fig. 5.).

Maschine mit sich drehendem Cylinder (Fig. 6.).

3. Wenn die Triebwelle zwischen + 1 und + 3 über der Sohle der Maschine liegt:

Maschine mit geneigtem Cylinder (Fig. 7.).

Maschine mit schwingendem, geneigtem Cylinder (Fig. 8.).

4. Wenn die Triebwelle zwischen + 3 und 4 über der Sohle der Maschine liegt:

Maschine mit senkrechtem, schwingendem Cylinder (Fig. 9.).

5. Wenn die Triebwelle zwischen + 4 und + 5 über der Sohle der Maschine liegt:

Maschine mit beweglicher Kolbenstange (Fig. 10.).

Maschine mit rückwärtsgehender Kurbelstange (Fig. 11.).

Maschine mit senkrechtem, am Boden schwingendem Cylinder (Fig. 12.).

6. Wenn die Triebwelle zwischen + 5 und + 6 über der Sohle der Maschine liegt:

Maschine mit senkrechtem, in den Boden versenktem Cylinder (Fig. 13.), bei welcher die Länge der Kurbelstange auf 4 reducirt worden ist.

Maschine mit geneigtem Cylinder (Fig. 7.).

7. Wenn die Triebwelle zwischen + 6 und + 8 über der Sohle der Maschine liegt:

Maschine mit senkrechtem, in den Boden versenktem Cylinder (Fig. 13.), im normalen Zustande.

8. Wenn die Triebwelle zwischen + 8 und + 10 über der Sohle der Maschine liegt:

Maschine mit senkrechtem Cylinder (Fig. 14.).

Wiederholen wir nun das Obige, so finden wir, daß bei Höhen der Triebwellenachse zwischen 1 und + 10, zwölf verschiedene Einrichtungen oder Systeme von Maschinen existiren, nämlich:

Maschinen mit feststehendem Cylinder:

1) mit Balancier;
2) mit zwei Kurbelstangen;
3) mit Kurbelstangen in Rahmen;
4) horizontal;
5) geneigt;
6) mit drehbarer beweglicher Kolbenstange;
7) mit rückwärts gehender Kurbelstange;
8) senkrecht versteckt;
9) senkrecht.

Maschinen mit schwingendem Cylinder:

10) nur in der Mitte angebrachten Zapfen;

11) und am unteren Ende angebrachten Zapfen;

12) Maschine mit sich drehendem oder umlaufendem Cylinder.

Wir wollen nun die wichtigsten Systeme mit Hülfe von Abbildungen kennen zu lernen suchen.

Erstes Capitel.

Balancier-Maschinen.

Die Balancier-Maschinen sind die ältesten von allen Kolbenmaschinen. Früher, ehe man die übrigen oben erwähnten Einrichtungen kannte, wendete man die Balanciers zur Uebertragung aller Triebkräfte, so gering sie auch sein mochten, an. Jetzt geschieht es nur bei Dampfmaschinen von wenigstens zwölf Pferdekräften, besonders bei denen mit Condensation, indem die Bewegungsmittheilung der Pumpen mittelst des Balanciers auf eine sehr einfache Art und Weise bewirkt werden kann.

Wenn die Größe dieser Maschinen 40 Pferdekräfte nicht übersteigt, so ist es stets zweckmäßig, sie auf eine oder zwei verbundene Sohlplatten zu stellen; man kann sie alsdann in der Maschinenbauanstalt aufstellen und genau die respectiven Längen der Stücke bestimmen, ehe man die Maschine abgiebt, wodurch deren Aufstellung an Ort und Stelle sehr erleichtert wird.

Die verschiedenen Constructionsarten der Balanciermaschinen. Die Balanciermaschinen unterscheiden sich hauptsächlich durch das System des Gerüstes, welches den Balancier trägt.

Man unterscheidet drei Hauptarten von diesen Gerüsten und daher drei Hauptarten der Construction der Maschinen, nämlich:

1) die vollständig auf ihre Sohlplatten gestellten Maschinen;

2) die Maschinen mit in den Wänden des Maschinengebäudes angebrachten Balancierlagern;

3) die Maschinen, deren Balancierlager von Mauerwerk getragen werden.

Wir wollen nun diese drei verschiedenen Arten der Construction mit Hülfe von Abbildungen näher kennen lernen.

I. Maschinen, welche gänzlich auf Fundament- oder Sohlplatten stehen.

Es wird diese Construction im Allgemeinen nur bei Maschi-

nen unter 16 Pferdekräften angewendet. In diesem Falle ruht der Balancier entweder auf einem Gesimmsrahmen, der von sechs Säulen getragen wird, oder auf zwei mit einander verbundenen Böcken. Die ganze Maschine steht häufig auf einer gußeisernen Cisterne.

Die Gesimmsrahmen mit sechs Säulen enthalten viel Gußeisen und haben das Nachtheilige, dennoch keine vollkommene Festigkeit und Steifigkeit des Gerüstes zu gewähren und Schwankungen und Erschütterungen des Balanciers und der Kurbel zu verhindern. Die Böcke dagegen, obgleich sie der Maschine kein so elegantes Ansehn geben, haben hinlängliche Festigkeit und sind weit weniger kostbar, aus welchen Gründen sie auch von vielen Maschinenbauern bei kleinen Maschinen angewendet werden.

In Fig. 1., Taf. XXVII., ist eine solche Dampfmaschine mit Bockgerüst, von 15 Pferdekräften, aus der Maschinenbauanstalt von Farcot, in einer Seitenansicht abgebildet. Die Maschine arbeitet mit Expansion mittelst zweier über einander liegenden Schieber und mit Condensation, und ist besonders durch die Regulirung der Expansion mittelst des conischen Pendels bemerkenswerth. Bei A befindet sich ein Muff, der mit den Kugeln des Pendels in Verbindung steht, und der mittelst zweier conischen Getriebe, die jedoch keine Verzahnung haben, sondern nur durch Reibung wirken, und auf diese Weise das conische Rad B treiben; dies ist an der hohlen Welle C befestigt und wird durch die Springfeder D getrieben. Das Ende dieser Welle ruht in der Kehle E des Muffs A, mittelst einer Gabel, deren Stiel sich in die Welle verlängert.

Wenn das Pendel im normalen Zustande befindlich ist, so ist die Reibung der beiden Getriebe gering, und da sie in entgegengesetzter Richtung wirken, so haben sie auch keinen Effect. Wenn dagegen der Muff auf- und niedergeht, so wirkt eins von den Getrieben allein, veranlaßt eine Veränderung der Expansion und bewirkt eine rotirende Bewegung des Rades B.

Außerdem enthält diese Maschine auch eine neue Einrichtung zur Verhinderung der Abkühlung des Cylinders. Diese Einrichtung besteht in einem gußeisernen Mantel, dessen Durchmesser hinreichend groß ist, so daß rings um den Cylinder eine 5 bis 6 Centimenter (etwa 2 Zoll) starke Luftschicht vorhanden ist.

Da die Luft ein schlechter Wärmeleiter ist, so wirkt sie eben so gut, als alle festen Substanzen, die man in diesem Falle anwendet; auch läßt sie längs den Cylinderwänden den verdichteten

Dampf hinablaufen, der auf diese Weise entweicht. Dieser äußere Mantel macht aber den gewöhnlichen, von Gußeisen, nicht unnöthig, in welchem ein Dampfstrom circulirt, der direct aus dem Kessel kommt und aus dem Mantel in den Cylinder strömt, eine Einrichtung, welche, wie wir schon im 1. Theile des Werkes bemerkten, nicht so gut ist, als wenn der Raum zwischen Cylinder und Mantel durch einen besondern Dampfstrom gespeis't wird.

Der Condensationsapparat besteht aus einem vereinigten Condensator und der Luftpumpe; letztere hat nur zwei Obturatoren.

II. Maschinen mit in den Wänden des Maschinenhauses angebrachtem Gebälk.

Maschinen dieser Art sind sehr zweckmäßig unter 75 Pferdekräften. In diesem Falle ruht der Balancier auf einem, entweder einfachen oder gothischen Gebälk, und dieses ist von zwei Säulen unterstützt, durch welche ihrer ganzen Länge nach zwei hinreichend starke Bolzen gehen, welche die Balancierzapfenlager mit dem Fundamente verbinden.

Die Fig. 2., Taf. XXVII., stellt eine Maschine dieser Art dar, sie hat 12 Pferdekräfte, arbeitet mit Expansion und Condensation. Sie ist nach den Grundsätzen gezeichnet, welche wir bei der Zusammensetzung allgemeiner Theile aufgestellt haben, und sie deutet beim Mangel dieser Theile die Art und Weise an, wie wir die Anwendung dieser Grundsätze beim Studium eines Maschinenprojectes verstehen.

Die Dampfvertheilung mittelst zweier über einander liegender Schieber, ist eine hier anzugebende Eigenthümlichkeit.

Sehr allgemein ist es der Fall, daß, wenn der Expansionsschieber nicht von einer Stange geleitet, sondern nur mittelst Federn gegen den Vertheilungsschieber gedrückt wird, nach Verlauf einer gewissen Zeit dieser Schieber niederfällt und die Dampfvertheilung alsdann ungleich wird. Um dies zu vermeiden, haben wir die Stange des Vertheilungsschiebers hohl gemacht, und lassen durch ihr Inneres eine andere Stange gehen, die mit dem Vertheilungsschieber in Verbindung steht und durch Reibung mit dem ersteren mittelst einer Stopfbüchse verbunden ist. Der Apparat zur Regulirung der Bewegung des Expansionsschiebers wird alsdann außerhalb, am Ende dieser Stange, oder am Deckel der Dampfbüchse angebracht, wie in Fig. 13., Taf. XII. Auf diese Weise giebt das Ende der inneren Stange in jedem Augenblicke die Bewegung des kleinen Schiebers an, und

wenn sie zufällig niederfallen sollte, so ist es hinreichend, die Stopfung festzuschrauben, um sie in ihren normalen Zustand zurückzuführen.

Der Condensationsapparat dieser Maschine ist derjenige, den englische Maschinenbauer nach Frankreich eingeführt haben; unstreitig ist dies der beste, von dem wir schon weiter oben geredet haben und auf welchen wir zurückkommen.

Man wird sehen, daß diese Maschine auf einer Sohlplatte aufgestellt ist, die nicht allein den Cylinder und die Balancierlager, wie bei der Farcot'schen Maschine, sondern auch die Kurbel und einen Theil der Schwungradwelle aufnimmt.

Diese Einrichtung, welche bei den jetzigen Balanciermaschinen nicht unerläßlich ist, gewährt den großen Vortheil, daß die Maschine in der Fabrik vor ihrer Absendung vollständig aufgestellt werden kann. So wie wir sehen, sind die Condensations- und Speiseapparate an der Sohlplatte befestigt, und es kann daher keine Verrückung derselben durch Setzen des Mauerwerkes stattfinden. Das einzige Nachtheilige, welches diese Einrichtung darbietet, besteht darin, daß man der Kurbelstange nur die fünffache Länge des Kurbelhalbmessers geben kann. Jedoch ist diese Länge nur in dem Falle unzulänglich, wenn die Triebwelle unter der Sohle der Maschine liegt.

Die Fig. 1. und 2., Taf. XXVIII., stellen eine elegante Maschine mit zwei Cylindern dar, die der französische Maschinenbauer Alexander construirt hat. Der Balancier ruht, wie bei dem vorhergehenden, auf einem Gebälk mit zwei Säulen, dessen Enden auf dem Mauerwerke liegen. Die Dampfvertheilung wird bei dieser Maschine mittelst eines einzigen Schiebers und durch zwei Leitungen bewirkt (Fig. 3. und 4.); der Schieber hat 5 Oeffnungen, von denen die beiden äußersten die Vertheilung in dem kleinen Cylinder, und die mittleren die in dem großen Cylinder bewirken.

Jedoch ist diese Schiebereinrichtung nicht allein von Hrn. Alexander angenommen, sondern man bemerkt sie auch in den Fig. 1. und 2., Taf. XXIX., welche den Cylinder einer Maschine nach dem Systeme des französischen Maschinenbauers Charpin darstellen. Es unterscheiden sich diese letztern Maschinen von allen andern durch die Concentricität der Cylinder. Ehe wir uns über diese Art und Weise einer schwierigen und kostbaren Construction des Triebapparates aussprechen, wollen wir erst die Resultate abwarten, welche die drei oder vier Maschinen dieses Systemes, welche in dem Seine-Departement vorhanden sind, geben werden.

III. Maschinen, deren Balancier auf Mauerwerk ruht.

Maschinen dieser Construction werden nur bei Kräften von über 60 Pferden angewendet.

Wir haben weiter oben gesehen, welchen Bedingungen genügt werden müsse, um eine feste gemauerte Unterlage für schwere Balanciers zu erlangen, so daß wir nicht wieder darauf zurückzukommen nöthig haben.

Die Fig. 5. und 6., Taf. XXVIII., stellen eine Maschine dieser Art von 70 Pferdekräften dar, welche mit Condensation und beliebig auch mit Expansion arbeitet und von dem Maschinenbauer Gallafent in der Eisenhütte des Hrn. Mertian zu Montatair im Oise-Departement aufgestellt ist. Mit Erstaunen sehen wir bei dieser Maschine einen Muschelschieber angewendet, indem derselbe zu seiner Bewegung einer bedeutenden Kraft bedarf.

Die Expansion von Gallafent mit zwei über einander liegenden Schiebern wird durch zwei Excentricen in Bewegung gesetzt, indem jeder ein besonderes Excentricum hat. Es ist fast dieselbe, als die auf Taf. XII., Figur 14. und 15. dargestellt worden ist und die den Maschinenbauer Trésel zu Saint-Quentin zum Erfinder hat.

Es muß jedoch bemerkt werden, daß Hr. Gallafent diese Art der Dampfvertheilung weit eher angewendet hat, als Hr. Trésel.

Das Bemerkenswertheste an dieser Expansion ist, daß man sie zu jeder Zeit mit der Hand, durch eine bloße Verstellung des Expansionsschieber-Excentricums, verändern kann.

Wir bemerken endlich noch, daß diese Maschine, wie die des Hrn. Farcot, an der Luftpumpe nur mit zwei Obturatoren versehen ist, eine wie schon bemerkt, sehr übel angebrachte Ersparung.

Zweites Capitel.

Maschinen mit zwei Kurbelstangen.

Diese von Maudlay in London erfundenen Maschinen sind diejenigen, welche nächst den Balanciermaschinen in den Gewerben den meisten Nutzen gebracht haben. Da sie nur wenig Raum einnehmen, wenn man sie mit gleich großen Balanciermaschinen vergleicht, und da die Triebwelle in der Nähe der Sohle liegt, so haben sie die letztern Maschinen, bei Größen unter 25 Pferdekräften, überall vortheilhaft ersetzt. Wir müssen jedoch bemerken, daß dies System nicht so passend für Condensationsmaschinen, als für Hochdruckmaschinen ohne Condensation ist, indem die ganze

Einrichtung nur auf eine Vereinfachung der Maschinentheile hinweis't.

Jedoch haben die Maschinen mit zwei Bläuelstangen zwei bedeutende Nachtheile, welche die Ursache sind, daß man ihre Anwendung auf geringere Größen beschränkt. Der erste dieser Nachtheile besteht in der Nothwendigkeit, das obere Ende der Kolbenstange in einen langen Schlitz führen zu müssen, und daß die geschlitzten Bockgestelle nur unten einen Stützpunkt finden; der zweite Nachtheil besteht in der Anwendung einer Welle mit zwei Kurbeln oder Kröpfungen. Beide Einrichtungen veranlassen Schwankungen des ganzen Maschinengerüstes, wodurch die Maschine weit früher zerstört wird und einen weit geringeren Nutzeffect hat.

Verschiedene Arten der Construction der Maschinen mit zwei Kurbelstangen.

Die ersten Maschinen von Maudlay arbeiteten stets mit Condensation. Sie bestehen, Fig. 3. und 4., Taf. **XXIX.**, aus einem gußeisernen Sockel von hinlänglicher Festigkeit, in dessen Mitte der Triebcylinder steht, welcher von vier Säulen umgeben ist, die ein Gebälk tragen und durch kreuzförmige Riegel mit einander verbunden sind. Auf dem Gebälk stehen die Leitungen für die Geradführung der Kolbenstange. Im Innern des Sockels befinden sich die Apparate zur Bewegung der Vertheilung zur Condensation und Speisung. Da alle diese Theile über der Sohle liegen, so kann man leicht zu ihnen gelangen; auch haben diese Maschinen eine sehr angenehme Form. Jedoch sind sie zu hoch, und da ihr Gerüst in durchaus keiner Verbindung mit den Mauern des Maschinenhauses steht, haben sie, ungeachtet des kurzen Kolbenlaufes, indem man den Durchmesser des Cylinders verhältnißmäßig sehr weit gemacht hatte, keine gehörige Festigkeit und man konnte sie daher nie stärker als höchstens 12 Pferdekräfte machen. Es folgt daraus, daß diese Construction jetzt nur auf kleine Maschinen von etwa 4 Pferdekräften und für einige Geschäftsbetriebe, z. B. Chocoladenfabriken, angewendet wird, wo es auf Raumersparung, auf ein elegantes Aeußere der Triebkraft, die der Ansicht des Publicums ausgesetzt werden muß, ankommt und wobei man nur eines niederen Druckes bedarf.

Später, als die Hochdruckmaschinen mehr in Aufnahme kamen, wurde die unzweckmäßige Höhe des Sockels unnütz; man legte den Cylinder bedeutend tiefer und konnte nun diese Construc-

tion auf weit bedeutendere Maschinen anwenden. Die Fig. 5. und 6., Taf. XXIX., stellen die Constructionsart dieses Systemes, so wie es der französische Maschinenbauer Saulnier zu Popincourt anwendet, dar. Bei dieser Maschine existirt der Sockel nur für den Cylinder allein und die Gerüstsäulen, welche die Kolbenstangenleitung tragen, stehen unmittelbar auf der Sohlplatte. Diese sinnreiche Einrichtung erlaubt es, die Säulen weiter auseinander zu stellen, und daher dem ganzen Gebäude bessere Basis und daher auch größere Festigkeit zu ertheilen. Dennoch werden dadurch Erschütterungen nicht vermieden, welche bei Gerüsten dieser Art sich immer zeigen werden, mag man sie auch noch so stark machen.

Die Maschine von Saulnier ist durch die Dampfvertheilung am merkwürdigsten. Das Einströmen des Dampfes erfolgt durch die Säule A, Fig. 6., und das Ausströmen durch die Säule B, welche mit Röhren unter der Sohle stehen. Auch ist die Vertheilung mit Expansion (Fig. 7.), und zwar wird dieselbe durch einen einzigen Schieber und durch ein Excentricum bewirkt (Fig. 8. und 9.); auch ist die Expansion veränderlich mittelst eines Hülfsdaumens, wie bei dem Excentricum von Tamizier, welches in Fig. 11., Taf. XII., dargestellt worden ist.

In Paris giebt es viele solcher Maschinen, die 12 bis 25 Pferdekräfte haben; jedoch ist diese letztere Größe die Grenze, welche nicht übersteigen werden kann.

Fig. 10., Taf. XXIX., ist die Constructionsweise einer Maschine mit zwei Lenkstangen von dem französischen Maschinenbauer Giraudon. Statt toscanischer Säulen hat das Gerüst eine gothische Form, die in diesem Falle sehr zweckmäßig ist, da sie alle Theile der Sohle näher bringt und bei weitem mehr Festigkeit hat. Es ist daher diese Einrichtung sehr zu empfehlen.

Die Fig. 1. und 2., Taf. XXX., stellen eine eigenthümliche Construction der Maschinen mit 2 Kurbelstangen dar, so wie sie der französische Maschinenbauer Gallafent, die 6 Pferdekräfte nicht übersteigen, angewendet hat. Es haben dieselben gar kein eigentliches Gerüst, indem der auf 4 starken Säulen ruhende Cylinder oben mit starken Consolen versehen ist, auf denen die Rahmen zur Geradführung der Kolbenstange stehen. Jedoch wird man leicht einsehen, daß diese Construction für größere Maschinen als 6 Pferdekräfte, nicht hinreichende Festigkeit hat, für diese geringe Größe eine hinlängliche Stabilität besitzt, welches allein schon aus dem Umstande hervorgeht, daß Maschinen dieser Art sehr häufig angewendet werden.

Drittes Capitel.

Maschinen mit Kurbelstangen im Rahmen.

Dieses Maschinensystem, welches zwei Pariser Maschinenbauer, die Hrn. Beslay und Herrmann, so viel, wie wir wissen, allein ausführen, hat im Wesentlichen dieselbe Bewegungsübertragung, wie das System von Maudlay, jedoch wird sie hier mittelst einer einzigen Kurbel und einer Kurbelstange bewirkt. Zu dem Ende sind die beiden Kurbelstangen durch einen Rahmen ersetzt, der rechteckig bei dem einen und trapezoidal bei dem andern ist. Derselbe umgiebt den ganzen Cylinder und ist groß genug, um bei den schwingenden Bewegungen, die er in continuirliche kreisförmige Bewegung des einen Endes und der wiederkehrend geradlinigen des andern macht, mit dem Cylinder nicht zusammenzustoßen.

Die Fig. 3. und 4., Taf. XXX., stellen eine von Hrn. Beslay erbauete Maschine dieses Systemes von 20 Pferdekräften, im Längen= und im Querschnitt dar. Außer der sinnreichen Einrichtung, welche die Basis des Systems bildet, hat die Maschine auch noch einige Eigenthümlichkeiten, die wir hier angeben müssen. Der Rahmen zur geraden Führung der Kolbenstange ist auf dem Cylinderdeckel angebracht. Die Dampfvertheilung erfolgt mit Expansion und mittelst zweier Schieber, von denen jeder einen besonderen Kasten hat. Diese Schieber werden von zwei kreisförmigen Excentricen bewegt, von denen der Expansionsschieber beweglich ist, so daß die Expansion verändert werden kann. Bei einer Kraft von 20 Pferden findet die Expansion bei einem Viertel des Laufes statt, und es ist dabei der ursprüngliche Druck des Dampfes zu 4 Atmosphären angenommen. Auch hat der Vertheilungsschieber ein sogenanntes Voraneilen, so daß das Ausströmen des Dampfes bei $\frac{9}{10}$ und das Einströmen etwas vor dem Anfange des Kolbenlaufes beginnt.

Die Speisepumpe (Fig. 5. und 6.) wird mittelst eines Excentricums und einer Lenkstange mit Rahmen, ähnlich wie bei dem Dampfcylinder, bewirkt.

So wie die Figuren es andeuten, ist das Spiel des Kolbens in dem Cylinder fast 0. Jedoch können wir den Wunsch nicht unterdrücken, daß diese Einrichtung, deren Zweck Dampfersparung ist, nicht einmal zu dem Bruche eines Bodens oder Deckels von dem Cylinder Veranlassung geben möge. Beträgt der Spielraum bei den Maschinen nicht mehr als in der Zeichnung, so ist ein

solcher Bruch unvermeidlich. Der Spielraum des Kolbens ist ein nothwendiges Uebel, welches überall da nicht zu vermeiden steht, wo man Zapfenlager anwenden muß, deren Futter sich abnutzt. Soll daher bei der Beslay'schen Maschine der Spielraum wirklich so gering sein, wie ihn die Zeichnung angiebt, so müssen die vier Zapfenlagerpfannen, welche durch ihre Abnutzung die Stellung des Kolbens zu verändern streben, sammt dem Zapfen selbst aus gehärtetem Stahl bestehen.

Viertes Capitel.

Horizontale Dampfmaschinen.

Lange Zeit hindurch waren Viele der Ansicht, daß Maschinen mit liegenden Cylindern für die Industrie nicht anwendbar seien, indem man behauptete, daß dadurch, daß fast das ganze Gewicht des Kolbens auf den unteren Theil des Cylinders wirke, letzterer dort viel mehr als an den übrigen Punkten ausgeschliffen und demzufolge oval werden müsse. Man dachte nicht daran, daß die Liederung des Kolbens, welche durch ihre Adhäsion an der Cylinderwand ein Entweichen des Dampfes verhindern soll, in ihrer Wirkung im Allgemeinen viel intensiver sein muß als sein Gewicht, und daß daher dieses auf die Abnutzung wenig Einfluß haben kann*). Indeß lagen Beispiele vor, welche darthaten, daß dieser

---

*) Nimmt man z. B. an, ein Cylinder habe 0,4 Meter Durchmesser im Lichten, und der Kolben, welcher höchstens 60 Kilogramm wiegt, sei 0,08 Meter dick, so beträgt sein Umfang

$$0{,}40 \cdot 3{,}14 = 1{,}256 \text{ Meter},$$

und die mit der einen Cylinderwand in Berührung stehende Umfläche ist

$= 1{,}256 \cdot 0{,}08 = 0{,}10848$ Quadratmeter $= 1005$ Quadratcentimeter. Aeußert nun das Gewicht dieses Kolbens seinen Einfluß auf nur $\frac{1}{5}$ des Umfanges des Cylinders, d. h. auf $\frac{1{,}256}{5} = 0{,}251$ Meter, so vertheilt es sich demzufolge auf eine Fläche von $\frac{1005}{5} = 0{,}251^{\text{m}} \cdot 0{,}08 = 200$ Quadratcentimeter; es übt also einen Druck von $\frac{60}{200} = 0{,}3$ Kilogramm auf ein Quadratcentimeter aus, welcher den Cylinder nach unten auszuschleifen sucht; gelangt nun der Dampf mit 4 Atmosphären Pressung in den Cylinder, so ist bekannt, daß auf einer Seite des Kolbens wenigstens ein effectiver Druck von 3 Kilogramm per Quadratcentimeter stattfindet, welcher den Dampf durch die Liderung zu treiben strebt; um dieses Entweichen zu hindern, muß daher die Liderung des Kolbens gegen die Cylinderwand einen

Uebelstand sich, wenigstens in fühlbarer Weise, in der Praxis nicht zeige.

So sind seit mehr als 25 Jahren die besten Locomotiven durchgängig mit liegenden (horizontalen) oder schwach geneigten Cylindern construirt; vor 18 bis 20 Jahren bereits hat Taylor kleine Maschinen mit liegenden Cylindern gebaut und vor fast 15 Jahren brachte Carilion den geneigten Cylinder in Anwendung. Um das Jahr 1833 nahmen die Herren Schneider in Creuzot keinen Anstand, Maschinen mit liegenden Cylindern mit Gruben in Vorschlag zu bringen, Maschinen von höchst einfacher und solider Construction, die sich bald in großer Zahl, in Folge der leichten Handhabung, verbreiteten.

Die Herren Thomas und Laurens, denen man beträchtliche Verbesserungen, sowohl in Hinsicht auf Dampfmaschinen, als auch hinsichtlich der beim Eisenhüttenwesen vorkommenden Maschinen, verdankt, brachten zuerst Maschinen mit horizontalem Cylinder für die Hammerwerke in Vorschlag, welche die Bewegung direct auf die Wellen der Walzen oder anderer zu bewegender Werkzeugsmaschinen übertrugen, um das sonst gebräuchliche umständliche und kostspielige Zwischengeschirr zu ersparen. Bald vermehrte sich ihre Anwendung und selbst die Gebläsemaschinen wurden nun mit liegenden Cylindern construirt.

Nach diesen verschiedenen Anwendungen erkannte man allgemein, daß die Construction mit liegendem Cylinder nicht fehlerhafter war, als die mit stehendem Cylinder, daß die Abnutzung in dem einen Falle nicht beträchtlicher war als in dem anderen, daß man bei der erstgenannten Einrichtung den Vortheil hatte, die Construction der Maschine, wenigstens bei ihren hauptsächlichsten Benutzungen, vereinfachen zu können, und daß man stets eine größere Solidität mit weniger Mauerung, wenig Begründung erlangte. Die Maschine mit horizontalem Cylinder baut man mehr breit als hoch, und ist weniger zum Vibriren geneigt, denn da sie

---

viel größeren Druck ausüben, als der ist, der durch sein eigenes Gewicht veranlaßt wird. Da das Verhältniß der Reibung zum Drucke (der Reibungscoefficient) 0,08 ist, wenn die reibenden Flächen gut mit Oel oder Fett geschmiert sind, so beträgt die in Folge des Kolbengewichtes entstehende Reibung 60^k 0,08 = 0,48, also noch nicht ½ Kilogramm und man ersieht daraus, daß diese Reibung, auf einer Fläche von 200 Quadratcentimeter vertheilt, auf diesem Theile eine merkliche Abnutzung im Vergleiche gegen die, welche durch die in Folge des Druckes der Metallliderung auf die ganze Peripherie entstehende Reibung erzeugt wird, nicht veranlassen kann.

mit ihrer Untermauerung ein Ganzes ausmacht, so kann sie nicht wanken. Diese Disposition gestattet überdies, das Maschinenhaus weniger hoch zu machen und alle Theile der Maschine in das Bereich des mit der Wartung beauftragten Heizers oder Mechanikers zu legen, ohne daß er aus einer Etage in die andere hinauf oder herabsteigen muß, wie dieses bei den kräftigen Maschinen mit Balancier oder mit Führung der Fall ist *). Der Wärter kann mit einem Blicke das Ganze und die Einzelnheiten erfassen.

Auf den Dampfschiffen haben mehrere Constructeurs die liegenden Cylinder adoptirt und sind dadurch in den Stand gesetzt worden, alle Theile der Maschine, so wie es jetzt bei der königlich französischen Marine verlangt wird, unterhalb der Wasserlinie zu verlegen. Die Gebrüder Maziline in Havre haben davon eine glückliche Anwendung bei einer Dampffregatte gemacht und haben es durch sehr sinnreiche und neue Einrichtungen ermöglicht, daß diese Maschinen sowohl der Höhe, als auch der Länge und Breite nach nur sehr wenig Raum einnehmen, so daß sie dieselben leicht im Hintertheile des Schiffes anbringen können, um direct die Triebschrauben zu bewegen.

Auch die Herren Cavé, Farcot und Halette bauen ihre Maschinen für Eisenhütten, Gebläse ꝛc. jetzt mit liegendem Cylinder, und Herr Flachat führte die schönen und starken Maschinen für die atmosphärische Eisenbahn von St. Germain in gleicher Weise aus. — Ihrer großen Wichtigkeit wegen beschrieben wir die Maschine mit liegendem Cylinder sehr speciell.

Beschreibung einer 20pferdekräftigen Dampfmaschine des Herrn Halette, Constructeur in Arras.

(Hierzu Fig. 1 bis 9., Taf. XXXI.)

Diese Maschine, welche Fig. 1. im Verticaldurchschnitte durch die Achse des Dampfcylinders dargestellt ist, ist in Dünkirchen zur Auspumpung eines Bassins aufgestellt; sie arbeitet mit Hochdruck ohne Condensation und einer nominellen Leistung von 20 Pferdekräften. Man sieht, daß der Constructeur bei diesem Systeme die Triebwelle **A** dem Dampfcylinder **B** so sehr wie möglich zu nähern gesucht hat, zu diesem Zwecke hat er auf jeder Seite

*) Die 1840 nach englischem Systeme construirten Balancier-Maschinen von 450 Pferdekräften, nahmen in ihren Fahrzeugen eine Höhe von nicht weniger als 6,5 Met. oder 3 Etagen ein, wie wir im 3. Theile näher sehen werden.

des letzteren zur Uebertragung der Bewegung des Kolbens zwei schmiedeeiserne Kurbelstangen **C** angebracht, welche eines Theils auf beiden Seiten des Querhauptes **D** der Kolbenstange (Fig. 2.) und andern Theils an die Warzen **a** (Fig. 3.) angeschlossen sind, welche letztere wie an Krummzapfen an je einem der Arme der beiden parallelen, auf einer und derselben Welle sitzenden Schwungräder **E** angebracht sind. Durch diese Einrichtung wird die Entfernung des Mittelpunktes dieser Welle vom Boden des Cylinders auf kaum ein Meter herabgezogen, obgleich der Halbmesser des Warzenkreises 0,6 Meter beträgt. Dessenungeachtet stehen die Kurbelstangen in einem richtigen Verhältnisse, da sie mehr als fünf mal zu lang sind, als der Halbmesser des Warzenkreises.

Wenn man aber einerseits den Vortheil hat, diesen Abstand zu verringern, so muß man andererseits der Maschine einen Raum überlassen, der fast dem gleich kommt, den sie einnehmen würde, wollte man bei denselben Dimensionen die Kolbenstange zwischen der Welle **A** und dem Dampfcylinder anbringen; denn man sieht ein, daß, da man stets Coulissen zur Geradeführung des Kolbens bedarf, diese nothwendig in der Verlängerung des Cylinders angebracht werden müssen, so daß die Länge zwischen dem Mittelpunkte der Welle **A** und dem Ende der Coulissen **G** fast 4 Meter beträgt und, da diese Welle ein gußeisernes Getriebe **H** trägt, welches in ein großes ebenfalls gußeisernes Rad **I** eingreift, dieser Raum noch bedeutend vermehrt werden muß. Daraus geht hervor, daß in Wirklichkeit die ganze von der Maschine und der ersten Bewegungstransmission eingenommene Menge außer dem zur Auflagerung der ganzen Maschine dienenden Holz-Gevierte **I** 7,5 Meter beträgt. Müßte man nicht die Geschwindigkeit vermindern, so hätte das Zahnrad **I** vermieden werden können und der fragliche Raum wäre dadurch auf 1,3 Meter reducirt worden. Es findet daher kein bemerkenswerther Unterschied statt in Betreff der Räumlichkeit, die von einer Maschine mit horizontalem Cylinder eingenommen wird, welche von nach der von Haletten befolgten Disposition mit äußerlichen Kurbelstangen construirt ist und derjenigen einer analogen Maschine, die in denselben Verhältnissen aber mit innerer zwischen Cylinder und Triebwelle liegender Kurbelstange ausgeführt ist; es kann jedoch bei der in der That einfacheren Construction des Gerüstes etwas erspart werden, obgleich andererseits zugegeben werden muß, daß diese Ersparniß durch die Vermehrung der Kurbelstange und das Querhaupt der Kolbenstange wieder verringert wird.

Da die beiden Schwungräder E symmetrisch stehen und das Vorgelege mit der Achse des Cylinders in einer und derselben Linie liegt, so ist begreiflich, daß die Kraft regelmäßig auf die Welle A übergetragen wird. Die Coulissen G, welche zu Geradführung des Kolbens dienen, fassen, wie bei den Locomotiven, die an den Enden des Querhauptes befestigten Gleiter zwischen sich. Sie sind an beiden Enden auf die gußeisernen Lager d aufgeschraubt, welche auf jeder Seite des Cylinders fortsetzen, um sowohl den Zapfenlagern der Welle A als auch denen der Welle B, auf welche das große Zahnrad l aufgekeilt ist, zur Auflagerung zu dienen. Die langen Gußeisenplatten, welche alle Theile der Maschine unter einander verbinden und unterstützen, ruhen ihrer Länge nach auf zwei hölzernen Schwellen I, die sie zum Theil umfassen (Fig. 2.) und welche durch starke, tief niedergehende Grundanker e mit der Mauerbegründung fest verbunden sind. Die Begründung, welche offenbar sehr einfach ist, ist bei großer Solidität um so zuverlässiger, da sie sich auf eine ziemlich bedeutende Fläche erstreckt, während die ganze Maschine sehr wenig Höhe hat.

Der Dampfkolben ist von gewöhnlicher Construction mit Metallliderung. Die Dampfvertheilung geschieht mittelst eines horizontalen Schiebers b (Figur 1.), welcher auf der Mitte des Cylinders in einem auf diesen aufgeschraubten gußeisernen Kasten O liegt; dieser Schieber wird durch ein kreisförmiges Excentricum f bewegt, welches an der stehenden Welle g des Schwungkugelregulators sitzt, deren Umdrehungszahl genau gleich der Triebwelle ist. Der Ring, welcher dieses Excentricum umschließt, ist mit zwei horizontalen Armen verbunden, die sich hufeisenförmig in einen einzigen vereinigen, dessen Ende bei i mit der Schieberstange N verbunden ist. Demzufolge geschieht die Steuerung genau so wie bei manchen anderen Maschinen, möge man nun den Schieber voreilen lassen und ihm Ueberhang geben (d. h. mit Expansion arbeiten), oder nicht.

Bei den für die Gruben von den Herren Schneider in Creuzot construirten Maschinen mit liegendem Cylinder findet die Bewegung der Schiebersteuerung nicht durch ein Excentricum statt, sondern durch eine bewegliche, an der Kurbelstange selbst befindliche Gleit-Vorrichtung. Die Constructeurs haben die aus einer geradlinig wiederkehrenden und einer kreisförmigen zusammengesetzten Bewegung, welche durch jeden Punkt der Kurbelstange beschrieben wird, zur Bewegung der Schieberstange mittelst einer an deren einem Ende mit diesem Gleiter in Verbindung stehenden

Stange zu benutzen gesucht, deren anderes Ende wechselsweise in die Warze eines oberen oder die eines untern Hebels eingehakt wird, welche letztere der ersten diametral entgegengesetzt, aber auf derselben Achse festgekeilt ist, um die Maschine augenblicklich rückwärts gehen zu lassen, da man ohne dieses fortwährend mehr oder minder ernste Unfälle zu beklagen haben würde.

Die Maschine des Herrn Halette gewährt diesen Vortheil nicht. Ohne sie zuvor zu arretiren, könnte man diese plötzliche Bewegungsveränderung des Schiebers und der Triebwelle nicht vornehmen; es ist wahr, daß die Arbeit, die sie zu verrichten bestimmt ist, dies nicht erfordert, und demzufolge hat der Constructeur darauf nicht Rücksicht zu nehmen gehabt. Sie hat übrigens noch den Vortheil, daß sie mit Expansion arbeitet, — ein Vortheil, welcher gewöhnlich bei den Dampfmaschinen auf Gruben vermißt wird.

Eigenthümlich ist ferner der hier zu beschreibenden Maschine die variable Expansionssteuerung. Halette hat dabei das Cornwallische Gliderungsventil S in Anwendung gebracht *), — eine Anwendung, die seitdem von verschiedenen Constructeurs nachgeahmt und wegen ihrer Einfachheit und Vortheile empfohlen worden ist.

Diese Art Ventile hat das Eigenthümliche, daß ein solches zu gleicher Zeit auf zwei parallelen, übereinander liegenden Sitzen aufruht, von denen der eine, und zwar der obere, von kleinerem Durchmesser ist, als der andere (siehe das Detail Fig. 4.). Das aus Bronze gefertigte Ventil hat zu diesem Zwecke eine glockenartige Gestalt und ist an seiner oberen und unteren Basis offen; letztere beide sind conisch abgedreht, um sich auf dem festen Doppelsitze R aufzusetzen, der ebenfalls aus Bronze besteht und im Innern eines gußeisernen Kastens Q angebracht ist, in welchen der Dampf vom Kessel aus in die Röhre K gelangt. Durch diese Einrichtung des Ventils mit doppeltem Sitze wird die Kraft, welche beim Oeffnen desselben überwunden werden muß, beträchtlich vermindert, da der Druck des Dampfes, welcher es geschlossen zu erhalten strebt, nicht wirklich auf den ganzen Querschnitt, sondern nur auf die ringförmige Fläche wirkt. Berücksichtigt man nun, daß der untere Theil von dem oberen nur in Hinsicht auf die Durchmesser beider Sitze verschieden ist, so erkennt man leicht, daß der Dampf nur im Verhältnisse des Flächeninhalts beider das

*) Die sogen. Hornblower'schen Ventile.

Ventil zu schließen strebt. Hier ist nun der Durchmesser der obern Basis des kleinsten Sitzes 0,1 Meter (Fig. 5.), der der untern Basis, welcher dem Durchmesser des größern Sitzes gleich ist, 0,118 Meter, und endlich der Durchmesser der untern Basis dieses zweiten Sitzes, gleich 0,134 Meter; daher ist der Flächeninhalt der Horizontalprojection der ringförmigen Fläche des obern Sitzes: $(0{,}^{m}118 - 0{,}^{m}100)^2 \frac{\pi}{4} = 30{,}8$ Quadratcentimeter. Der des untern Ventilsitzes ist ungefähr eben so groß, nämlich: $(0{,}^{m}134 - 0{,}^{m}118)^2 . \; 0{,}7854 = 31{,}45$ Quadratcentimeter; daher die Summe beider Flächeninhalte 62,25 Quadratcentimeter. Ein gewöhnliches Ventil, wie es in Fig. 6. dargestellt ist, und das für ähnliche Verhältnisse 0,1 Meter Durchmesser an der kleinern und 0,118 Meter an der größern Basis haben müßte, wurde, da es nothwendigerweise nicht durchbrochen sein darf, nicht weniger als 109,30 Quadratcentimeter Fläche haben, auf die der Dampfdruck wirkte, d. h. eine Druckfläche, beinahe doppelt so groß, als die vorhergehende. Daraus geht hervor, daß man, um ein Cornwallisches Ventil zu öffnen, halb so viel Kraft verbraucht, als bei einem gewöhnlichen Ventile, vorausgesetzt, daß man beide um denselben Weg zu heben hätte.

Aber es ist klar, daß, wenn sich ein solches Ventil mit Doppelsitz öffnet, es den Dampf sowohl durch seinen untern als seinen obern Theil eintreten läßt, während das gewöhnliche Ventil nur eine einzige Oeffnung darbietet; um daher denselben Dampfausfluß zu bewirken, muß man nothwendiger Weise das letztgenannte Ventil wenigstens doppelt so hoch heben, als das erstere. Hieraus folgt, daß in diesem Falle der Kraftaufwand, welcher zur Oeffnung des doppelsitzigen Ventiles erforderlich ist, kaum das Viertel dessen ist, den man für das Kegelventil mit Einem Sitze nöthig hätte.

Für kräftige Maschinen, bei denen große Dampf-Ein- und Ausgänge im Verhältniß zu den Dimensionen des Cylinders durchaus nothwendig sind, ist es klar, daß die Differenz noch bei weitem größer ist, daß nämlich die zur Oeffnung der Cornwallschen Ventile für viel größere Durchmesser nöthige Kraft wenig zunehmen würde, während der Zuwachs an Druck für ein gewöhnliches Ventil beträchtlich wäre. Man kann davon eine handgreiflichere Vorstellung machen durch die Dimensionen der 100pferdekräftigen Dampfmaschine in Fig. 11. und 12.

Kehren wir zur Halette'schen Maschine zurück. Das Eliderungsventil wird in Bewegung gesetzt durch den Centrifugalregu-

lator M; es hängt an einem Charniere an der schmiedeeisernen verticalen Stange m, welche durch die Stopfbüchse des Dampfkastens Q hindurchgeht, und einen röhrenförmigen Ansatz hat, welcher von dem gabelförmigen Ende des einen Armes des Winkelhebels n umfaßt wird; der zweite Arm des letztern greift zwischen eine Springfeder, welche ihn fortwährend von links nach rechts drängt, und das Ende der horizontalen Stange, welche am entgegengesetzten Ende das Frictionsröllchen O trägt. Dieses drückt gegen die excentrisch gestaltete Umfläche des konischen Muffes p, welcher frei auf der stehenden Welle g des Regulators sitzt, so daß es bei jeder Umdrehung dieser Welle von rechts nach links getrieben wird, und dabei den das Ventil S hebenden Hebel in Bewegung setzt. Letzteres schließt sich jedoch alsbald wieder in Folge der Einwirkung der Spiralfeder, welche den Hebel nach rechts zurückschiebt, sobald das Röllchen o den excentrischen Theil des Muffes p verläßt.

Zwischen diesem Muffe und dem beweglichen Ringe q des Regulators wird eine stetige Verbindung durch zwei kleine Stangen hergestellt, welche zu beiden Seiten der Achse g herabgehen, so daß, wenn dieser Ring durch das Ausschwenken oder Fallen der Kugeln steigt oder fällt, der Muff mitgenommen wird und ebenfalls steigt oder fällt. Wenn nun die beiden Hebedaumen oder excentricartigen Theile des Muffes auf die ganze Höhe desselben gleichweit hervorragten und somit der Achse g parallel wären, so ist klar, daß, welches auch die Stellung des Muffes auf der Achse wäre, er in nichts das Spiel des Ventiles modificiren würde. Wie wir bereits angegeben haben, würde dasselbe bei jeder halben Umdrehung stets um dieselbe Höhe gehoben und sich wieder schließen, sobald das Röllchen nicht mehr mit dem Hebedaumen in Berührung steht. Dem ist jedoch nicht so. Die Hebedaumen winden sich schraubenförmig um die Umfläche des Muffes, Fig. 8. und 9., und entfernen sich nach oben zu mehr und mehr vom Centrum. Daraus folgt, daß, wenn der Muff niedergeht, sobald die Schwungkugeln sich einander nähern, und die Geschwindigkeit der Maschine abnimmt, die Hebedaumen länger auf das Frictionsröllchen wirken und demzufolge das Ventil höher gehoben und längere Zeit offen erhalten wird, während gegentheils, wenn der Muff in Folge des Ausschwenkens der Kugeln steigt, und die Maschine schneller geht, die Hebedaumen, die an diesem Theile weniger weit hervorragen, das Ventil weniger öffnen und kürzere Zeit offen erhalten; die Admission des Dampfes wird daher eher unterbrochen

und die Expansion findet während eines größeren Theiles des Kolbenhubes statt.

Man sieht ein, daß diese Einrichtung ganz sinnreich ist; sie ist um so zweckmäßiger, da sie in genauem Zusammenhange mit dem Gange der Triebwelle steht, denn sie hängt mit dem Regulator zusammen, der selbst wieder von jener Welle durch zwei Paar Winkelräder rr′ und ss′ bewegt wird, von denen der Specialgrundriß, Fig. 7., das Detail giebt. Offenbar müssen, wenn der Erfolg regelmäßig sein soll, die Arme und Kugeln des Regulators richtig berechnet sein, um augenblicklich bei den geringsten Veränderungen der Geschwindigkeit zu wirken.

Die Druckpumpe T, welche die Speisung des Dampfkessels besorgt, wird durch die an dem Ende der Vorgelegswelle L sitzende Warzenscheibe bewegt; da die Warze in derselben verstellbar ist, so kann man auch den Kolbenhub nach Belieben verändern, je nachdem man den Kessel mit mehr oder weniger Wasser speisen will; sie ist, wie andere Pumpen der Art, mit Klappenventilen und Hähnen ausgerüstet, welche zur Communication zwischen dem Reservoir und Kessel nöthig sind.

Hauptsächliche Dimensionen der Maschine.

		Meter
Durchmesser des Dampfcylinders		0,400
Krummzapfenhalbmesser		0,600
Kolbenhub		1,200
Zahl der Doppelspiele des Kolbens pro Minute .	25	=
Geschwindigkeit des Dampfkolbens pro Secunde . .		1,000
Dicke des Kolbens		0,112
Durchmesser der Kolbenstange		0,064
Breite der Eintrittsöffnungen des Dampfes		0,032
Länge derselben		0,195
Breite der Austrittsöffnung		0,075
Durchmesser des Dampfzuleitungsrohres		0,085
Länge der Kurbelstangen		3,340
Durchmesser in der Mitte derselben		0,092
Durchmesser an beiden Enden		0,060
Durchmesser der Krummzapfenwarzen		0,075
Aeußerer Durchmesser der beiden Schwungräder		2,920
Breite ihres Schwungringes		0,200
Dicke = = ...		0,150
Durchmesser der Schwungradwelle		0,200
Durchmesser der Zapfen dieser Welle		0,155

		Meter
Länge dieser Zapfen		0,200
Durchmesser des Theilkreises des auf der Schwungradwelle sitzenden Getriebes		0,800
Zahl der Umdrehungen pro Minute	25	=
Zahnbreite		0,160
Zahl der Zähne	42	=
Theilung		0,060
Theilrißdurchmesser des in dieses Rad eingreifenden Zahnrades		2,400
Zahl der Umdrehungen pro Minute	8,333	=
Theilrißgeschwindigkeit pro Secunde		1,043
Zahl der Zähne	126	=
Durchmesser der Welle, auf der es sitzt		0,210
Durchmesser der Zapfen dieser Welle		0,180
Länge dieser Zapfen		0,200
Durchmesser der Grundanker		0,035
Länge derselben		1,800
Durchmesser des Bramahkolbens der Speisepumpe . . .		0,100
Mittlerer Hub dieses Kolbens		0,220
Durchmesser der Saug= und Steigröhren		0,060

Der Kessel, welcher die Maschine speis't, ist auf Atmosphären gestempelt.

Beschreibung einer Dampfmaschine von 80 bis 100 Pferdekräften von Krafft, Ingenieur zu Besançon.

(Hierzu Fig. 10 bis 12, Taf. XXXI.)

Diese Maschine ist in der Eisenhütte von Mutterhausen (Mosel=Departement) aufgestellt, welche den Herren von Dietrich gehören; sie ist in der Maschinenbaukunst desselben Hauses zu Reichshofen im Jahre 1843 nach den Zeichnungen des Herrn Krafft, der damals Ingenieur der Hammerwerke des Niederrheins war, und jetzt Civilingenieur zu Besançon ist, ausgeführt worden.

Die nominelle Leistung dieser Maschine beträgt 80 Pferdekräfte, kann jedoch bis auf hundert und mehr Pferdekräfte gesteigert werden. Sie arbeitet mit Expansion und ohne Condensation, wie die vorherbeschriebene. Die Kessel, aus denen sie gespeist wird, sind auf 5 Atmosphären gestempelt. Sie betreibt eine Reihe von Blechwalzwerken, eine Reihe von Schienenwalzwerken und deren Zubehör.

Bei der normalen Geschwindigkeit beträgt die Zahl der Umdrehungen der Triebwelle der Maschine 24, die der Blechwalzwerke 30 und die der Schienenwalzwerke 60 pro Minute; sie kann für Maschinen von 80 bis 100 Pferdekräften auf den ersten Anblick groß erscheinen im Vergleiche die der Watt'schen Maschinen, welche bei diesen großen Dimensionen gewöhnlich so construirt sind, daß sie höchstens 15 bis 16 Doppelspiele machen; wir werden aber weiter unten sehen, daß man jetzt, ohne auf Schwierigkeiten zu stoßen, bis auf Geschwindigkeiten von 45 Spielen für sehr große Maschinen steigt. Die Einführung des liegenden Cylinders ohne Balancier gestattet eine beträchtliche Vermehrung der Kolbengeschwindigkeit und demzufolge der Zahl der Umdrehungen der Triebwelle; dies geht so weit, daß man sich heut zu Tage nicht scheut, die Bewegung auf die Walzwerke ohne Räderzwischengeschirr überzutragen; man läßt den Dampfkolben mit Geschwindigkeiten von 2 bis 3,5 Meter pro Secunde gehen, und sein Hub ist so bestimmt, daß die Kraftwelle dieselbe Zahl von Umdrehungen macht, wie die Walzen. Dieses zuerst von Thomas und Laurens vorgeschlagene und in mehreren wichtigen Eisenhütten ausgeführte Princip ist von mehreren andern Constructeurs, die die Vortheile desselben erkannt haben, befolgt worden.

Man hat wohl, und zwar mit einigem Rechte, eingeworfen, daß diese große Geschwindigkeit der verschiedenen Theile der Kraftmaschine ein Uebelstand wäre, in so fern die Abnutzung beträchtlich größer ist; auf der andern Seite aber vermeidet man alle jene schwerfällige und complicirte Uebertragung der Bewegung, die bei Balanciermaschinen mit geringer Geschwindigkeit nothwendig erheischt wurde; es fallen die Radvorgelege, die Vorlegswellen, ungeheure Schwungräder weg, welche eben so sehr, durch ihre Masse, als durch ihre rapide Geschwindigkeit in Schrecken setzen; daher kommen auch die damit verbundenen Reibungen und andere Kraftverluste in Wegfall, und außerdem hat man den Vortheil, daß man nicht unnützerweise Dampf vergeudet, wenn die ausübende Maschine steht, da die Kraftmaschine direct mit jener verbunden ist. Dieser Vortheil läßt sich ohne Zweifel nicht bestreiten, man muß jedoch zugeben, daß andererseits diese Einrichtung eben so viele Motoren erfordert als ausübende Maschinen oder Reihen von Walzwerken da sind; in den Anlagskosten kann daher keine Ersparniß stattfinden.

In dieser Hinsicht hat Herr Krafft der Disposition der Maschine den Vorzug gegeben, welche wir hier beschreiben wollen,

indem er auf die Kraftwelle ein Zahnrad aufsetzte, um zu gleicher Zeit oder einzeln die auf beiden Seiten stehenden Reihen von Walzwerken in Bewegung setzen zu können. Die Hauptbedingungen, welche er zu realisiren gesucht hat, sind: Geringe Anlagskosten, große Solidität und Veränderlichkeit der momentanen Kraft.

Den beiden ersten Bedingungen ist vollkommen Genüge geleistet durch das vom Erbauer gewählte System mit liegendem Cylinder, wie es Fig. 10 und 11 in verticalem Längen- und Querdurchschnitt anschaulich gemacht ist. In der That, wie wir oben sagten, sind die Maschinen mit liegendem Cylinder, im Vergleiche mit denen anderer Construction, ökonomischer, was die Anlagskosten betrifft. Sie sind ferner leicht aufzustellen, vorausgesetzt, daß sie auf einer weit ausgedehnten Begründung aufgeführt werden, und daß alle bewegliche Theile ihre Kraftäußerung in nicht zu großer Höhe über diesen Begründungen verrichten.

Die dritte Bedingung, die der momentanen Veränderbarkeit der Kraft, ist in der vollständigsten Weise erfüllt durch das Elidetungsventil, welches direct durch den Schwungkugelregulator bewegt wird, wie bei der vorigen Maschine. Man weiß, daß dieses System mit vielem Erfolge von mehreren Constructeurs und vorzüglich durch das Haus J. J. Meier in Mühlhausen (jetzt in Compagnie (»Expansion«) befolgt worden ist.

Die Heizung der Dampfkessel sollte durch die bei den Puddel- und Vorwärmöfen verloren gehende Wärme bewerkstelligt werden. Dieser Umstand, verbunden mit dem, in Folge des sehr unregelmäßigen, zeitweiligen Betriebes der Walzwerke sehr intermittirenden Dampfverbrauche, bewog den Erbauer zur Wahl von Kesseln mit großer Heizfläche und großem Fassungsraume; ersteres, weil mit der bei den Oefen verloren gehenden Wärme ein Quadratmeter Heizfläche viel weniger Wasser verdampft, als sie durchschnittlich bei einer directen Heizung verdampfen würde; — letzteres, weil erstens die Variationen der Pressung sich vom Anfange bis zum Ende des Durchganges eines Satzes durch die Walzwerke weniger fühlbar machen, und zweitens, weil während des Stillstandes der Maschine die Kessel eine große Quantität Wärme ausspeichern, bevor sie auf den Punkt gelangen, wo die Dampfspannung hinreichend stark wird, um die Sicherheitsventile zu heben, denn nach diesem Augenblicke wird alle an den Kessel abgegebene Wärme zwecklos zur Verdampfung verwendet.

Wir sind überzeugt, daß viele Fehler auf Hütten vermieden werden würden, trüge man stets Sorge, diesen zwei Grundsätzen

nachzukommen; bei fast allen Heizungen mit verlorner Wärme, welche Maschinen mit intermittirendem Gange speisen, sind die Kessel nicht ausreichend, sei es aus Mangel an Heizfläche, sei es aus Mangel an Capacität. Diese Fehler kommen leider noch bei Kesseln mit directer Heizung vor. Man kann es daher den Constructeurs nicht genug anempfehlen, sie zu vermeiden.

Zuführung des Dampfes. — Der Dampf kommt von verschiedenen Theilen der Hütte her und sammelt sich in einem gußeisernen Kasten A, Fig. 10, welcher über dem Hauptzuleitungsrohre B liegt. Diese Röhre, welche ebenfalls aus Gußeisen besteht, trägt an ihrem untern Theile einen Sack a, der mit einem Hahne versehen ist, um eine ziemliche Menge Wasser ablassen zu können, welches sich in dem Kasten A und einem Theile der Zuleitungsröhren condensirt. Von da geht der Dampf in den cylindrischen, verticalen Behälter C, welcher das Expansionsventil D umschließt, das Fig. 12 im Detail darstellt. Hat der Dampf dieses Ventil passirt, so dringt er in den Schieberkasten E.

Ueber dem Dampfzuführungsrohre ist ein Drosselventil b angebracht, das durch die Hand bewegt wird und welches dazu dient, den Dampf zuzulassen oder abzuschließen, wenn man die Maschine anlassen oder zum Stillstande bringen will.

Steuerung. — Der Vertheilungsschieber E ist von Bronze und mit Ueberhang und Vorlauf construirt. Letzterer wird in der Weise regulirt, daß die Zulassung des Dampfes beginnt, sobald die Kurbel der Maschine sich nur noch 15 Grad vom todten Punkte befindet, was ungefähr dem zehnten Theil einer Secunde vor der Umsteuerung des Dampfkolbens entspricht. Der Ueberhang ist, in Hinsicht auf das Vorhandensein eines Expansionsventils, von geringer Wichtigkeit und giebt nur eine Vorsichtsmaßregel ab für den Fall der Undichtheit dieses Ventiles.

Die Bewegung des Schiebers wird durch ein Kreisexentricum F bewerkstelligt, welches auf der Schwungradwelle sitzt. Dieses Excentricum ist von einem aus zwei Stücken bestehenden Ringe umgeben, an dem die schmiedeeiserne Zugstange G befestigt ist. Sie endigt in eine Handhabe und umfaßt die Warze eines Hebels c, dessen Achse auf ihrer Mitte einen andern Hebel d trägt, mit welchem durch das Gelenkstück r die Stange t des Schiebers E verbunden ist.

Die ganze Länge des Hubes dieses Schiebers beträgt 0,176 Meter. Die Dampfcanäle sind im Querschnitte 0,068 Meter lang und 0,260 Meter breit, haben also jeder 0,0177 Quadratmeter

Lichtöffnung, was, wie wir später sehen werden, $\frac{1}{30}$ der Kolbenfläche beträgt. Der Dampfaustritt erfolgt durch zwei Röhren H von 0,14 Meter Weite, welche zu beiden Seiten des Cylinders angebracht sind und sich in eine einzige J von 0,2 Meter Weite vereinigen.

Dampfcylinder — Der Dampfcylinder J dieser Maschine ist 0,862 Meter weit; seine Totallänge beträgt 2,34, die Entfernung zwischen beiden Böden 2,198 Meter. Der Hub des Kolbens beträgt 2, seine Dicke 0,173 Meter. Der Raum, welcher am Ende des Hubes zwischen dem Kolben und jedem der beiden Böden bleibt, ist 0,0112 Meter.

Der Dampfkolben K hat eine doppelte Liderung von Gußeisen; jede Liderung wird durch einen einzigen bis auf einen Durchmesser von 0,868 Meter abgedrehten Gußring gebildet, an welchem, um ihn in den Cylinder einführen zu können, man vorher einen Ausschnitt anbringt. Der so geöffnete Ring wird mit Kraft geschlossen, bis er den nöthigen Durchmesser erreicht hat, um in den Cylinder eingebracht werden zu können, an dessen ganzer Oberfläche er andrückt.

Die Kolbenstange L besteht aus Schmiedeeisen. Ihre Stärke beträgt 0,120 Meter, d. h. $\frac{1}{7}$ des Cylinderdurchmessers.

Bewegungstransmission. — Die Mittheilung der Bewegung zwischen Kolben und Krummzapfen der Schwungradwelle erfolgt durch eine schmiedeeiserne Kurbelstange M, welche von Mittelpunkt zu Mittelpunkt 4 Meter Länge hat; ihre Stärke variirt von 0,13 bis 0,16 Meter. Die beiden, mit Bronzelagern ausgerösteten Köpfe dieser Stange sind jeder 0,15 Meter weit ausgebohrt. Sie umfassen, der eine die Warze des Krummzapfens N, der andere den schmiedeeisernen Bolzen O, an dessen Enden die großen Frictionsrollen P aufgesteckt sind. Diese laufen in den gußeisernen Führungen Q, welche die geradlinige und horizontale Bewegung der Kolbenstange leiten sollen.

Der Durchmesser des erwähnten Bolzens nimmt vom Mittel aus nach den Zapfen hin von 0,15 bis 0,11 Meter ab; die Zapfen, auf welchen die Naben der Frictionsrollen sitzen, sind bis auf 0,095 Meter abgedreht. Die gußeisernen Rollen sind mit Bronze ausgebüchst und haben 0,5 Meter Durchmesser. Die Kolbenstange und die Frictionsrollenspindel sind durch einen schmiedeeisernen, durch einen Keil am Kopfe der Kolbenstange befestigten Muff verbunden.

Begründung der Maschine. — Der Dampfcylinder liegt zwischen zwei zu beiden Seiten desselben liegenden Gußeisen-

rahmen, die selbst wieder mit den zwei andern, die Führung für die Rollen abgebenden Rahmen Q verschraubt sind. Ein fünfter Rahmen Q′ liegt neben dem Krummzapfen; er trägt das Zapfenlager der Schwungradwelle R und dient dazu, den Abstand zwischen Cylinder und Kurbel unveränderlich zu erhalten. Diese Rahmen liegen auf einer massiven Mauerung, welche die ganze Begründung der Maschine ausmacht, und sind damit gut verankert.

Variable Expansion. — Die variable Expansion wird durch einen excentricartigen Muff p besorgt, der mit einem einzigen helicoidischen Hebeldaumen versehen ist und sich vertical auf und nieder bewegt, je nachdem die Kugeln des Regulators S steigen oder fallen. Der Hebeldaumen ist so angebracht, daß er fortwährend das Ventil D einen Augenblick vor der Oeffnung des Vertheilungsschiebers E zu heben sucht, wie auch der Schwungkugelregulator stehen möge. Die Schließung gegentheils erfolgt zu Zeitpunkten, die zwischen $\frac{1}{8}$ und $\frac{7}{8}$ des Kolbenhubes variiren, je nachdem sich der Regulator im Zustande der größten Oeffnung, des gänzlichen Schlusses oder in jeder andern dazwischenfallenden Lage befindet. Man begreift, daß bei einer so großen Variation in der Expansion und bei der großen Empfindlichkeit, mit der gewöhnlich die Centrifugalregulatoren spielen, es möglich sei, in weniger als zwei Secunden eine zwischen 40 und 100 Pferdekräften variirende Kraft zu erzielen.

Die große Variabilität der Kraft, verbunden mit der wenig merklichen Veränderlichkeit an Geschwindigkeit, ist es, worin das Verdienst der Wahl besteht, welche Krafft bei dem in Anwendung stehenden Expansionssysteme zu treffen wußte. So entwickelt auch die Maschine von Monterhaucen in einem Augenblicke die enorme Kraft, welche nöthig ist, um Blechtafeln von mehr als einem Meter Breite und mehreren Metern Länge auszuwalzen, während sie den Augenblick darauf leer ohne merkliche Steigerung der Geschwindigkeit fortgeht. Die variable Expansion durch den Regulator hat noch den anderen Vortheil, sehr merkliche Veränderungen der Geschwindigkeit zu beseitigen, wenn in Folge des Durchziehens eines ganzen Ofensatzes von Blöcken die Pressung in den Kesseln bedeutend fällt.

Das von dem Constructeur angewendete Expansionsventil ist dem oben beschriebenen ähnlich; es ist ebenfalls ein Cornwallisches Ventil (Cornishvalve), deren Erfindung man Hornblower verdankt. Es hat, wie wir bereits angegeben haben, zwei sehr

ausgeprägte Vortheile: 1) den, daß es der Hebung nur einen geringen Widerstand entgegensetzt, da der Dampfdruck nur auf eine ringförmige Fläche wirkt; 2) den, daß es bei einer sehr geringen Lüftung dem Dampfe eine ziemlich beträchtliche Durchgangsöffnung gewährt, da dieser Durchgang zu gleicher Zeit durch den oberen und unteren Theil der beweglichen Glocke **D** erfolgt, welche auf dem durchbrochenen doppelten Sitze **m** ruht.

Die Stange, welche diese Glocke trägt, geht durch eine Stopfbüchse und ist oben mit einem kleinen Kolben verbunden, der in den kleinen Cylinder **n** eingepaßt ist, welcher eine Springfeder umschließt (letztere strebt beständig, das Ventil auf seinem Sitze zu erhalten). Bewegt wird diese Kolbenstange durch den Winkelhebel **x** und die mit der Hebedaumenwelle **p** communicirende Stange **y**.

Die Welle des Schwungkugelregulators wird durch ein Radvorgelege so in Bewegung gesetzt, daß sie genau zwei Mal so viel Umdrehungen macht, als die Schwungradwelle, d. h. 48 pro Minute beim normalen Hange. Die Bewegung der Kraftwelle wird auf das erste Zahnrad **r** übertragen, dem seine Bewegung durch eine schmiedeeiserne Kurbel **S** mitgetheilt wird, welche vor dem Hauptkrummzapfen **N** liegt, mit dessen Warze sie durch einen Mitnehmer verbunden ist. Die nach vorn verlängerte Welle dieses Rädchens **r** dreht sich in einem auf Säulen ruhenden Zapfenlager **t** und steht durch das in das Rad **r** eingreifende Getriebe mit der Achse **u** in Verbindung, die ihre Bewegung durch ein zweites Paar Winkelräder auf eine stehende Welle **v** überträgt, welche der des Regulators parallel läuft und letztere durch Stirnräder **x** bewegt.

Die Bewegung des Expansionsventiles und des Vertheilungsschiebers ist so arrangirt, daß beide augenblicklich von der Maschine unabhängig gemacht und von der Hand des Maschinisten besorgt werden können. Diese Einrichtung ist bei den großen Maschinen sehr nützlich, vorzüglich, wenn die Bewegung sehr oft unterbrochen wird; denn wenn die Maschine nahe an einem der todten Punkte in Stillstand geräth, muß man sie bisweilen in der der gewöhnlichen Bewegung entgegengesetzten Richtung gehen lassen, um sie in Gang zu bringen. Die Speisepumpen dieser Maschine, zwei an der Zahl, liegen zu beiden Seiten des Dampfcylinders bei **T**, Fig. 11.; ihre Mönchskolben haben 58 Millimeter Durchmesser und denselben Hub, wie der Dampfkolben; sie bestehen aus Schmiedeeisen und können jeder pro Minute 127 Litres Wasser liefern. Der Constructeur hat keinen Nachtheil darin gesehen,

die Pumpen horizontal zu legen, wie bei den Maschinen von Creuzot, und sie mit eben der Geschwindigkeit gehen zu lassen, wie die Dampfkolben. Das Speisewasser, das durch die Kolben fortgedrückt wird, geht in einen auf dem Hintertheile U des Cylinders stehenden Windkessel, von wo es in einen andern Recipienten geleitet wird, in welchem die verschiedenen, nach den Kesseln führenden Speiseröhren münden. Der Windkessel soll die Bewegung des Wassers in den Röhren reguliren, von denen einige sehr lang sind.

Schwungrad und Radvorgelege. — Das Schwungrad V dieser Maschine hat ein Totalgewicht von 25000 Kilogramm; sein äußerer Durchmesser beträgt 7,244 Meter und es hat demzufolge beim normalen Gange eine Umgangsgeschwindigkeit von 9,1 Meter pro Secunde. Die Arme des Schwungrades, welche sorgfältig mit dem Schwungringe und der die Nabe bildenden Rosette zusammengefeilt sind, tragen zugleich das erste Zahnrad x. Die Schwungradwelle ist an dem Zapfen 0,32 und in der Mitte, wo sie einen achteckigen Querschnitt hat, 0,38 Meter stark. Die Rosette ist auf die Welle durch vier große schmiedeeiserne Keile von 0,04 und 0,1 Meter Stärke aufgekeilt, die durch heftige Schläge mit einem großen Schlägel in ihre sorgfältig vorgerichteten Sitze eingetrieben sind. Löcher von 0,041 bis 0,04 Meter Weite, sind, in zwei Reihen alternirend, auf der ganzen Umfläche des Schwungrades angebracht, um dasselbe mit Hülfe eiserner Hebebäume handhaben zu können. Bei V′ sieht man die Form des Querschnittes des Schwungringes. Das große, an den Armen des Schwungrades sitzende Stirnrad X greift in zwei andere, welche jedes eine Reihe von Walzwerken mit den oben angegebenen Geschwindigkeiten in Bewegung setzen. Dieses Rad hat nicht weniger als 5,4 Meter Theilrißdurchmesser und 0,315 Meter Zahnbreite; es ist in Segmenten gegossen, die mit den Armen durch schwalbenschwanzförmige Zapfen verbunden sind, wie Fig. 10. zeigt.

Fünftes Capitel.

Geneigte Maschinen.

Diese Dampfmaschinen, die man weniger als einen speciellen Typus, als eine Modification, entweder der horizontalen oder der senkrechten Maschinen, ansehen kann, haben entweder einen feststehenden, oder einen schwingenden Cylinder. In allen

Fällen ist ihre Einrichtung der Entfernung zwischen der Triebwelle und der Sohle unterworfen; und so viel als möglich ist das Gerüst ein solches, daß die Entfernung des Cylinders von der Triebwelle constant bleibt. Zu dem Ende wendet man häufig ein Gerüst an, welches aus zwei gußeisernen durchbrochenen Becken besteht, die der Bewegungsebene des Apparates parallel sind und zu gleicher Zeit den Cylinder, die Sohlplatte und die Triebwelle umfassen. Die feste Einrichtung hat keinen anderen Nachtheil, als den einer gewissen Schwerfälligkeit.

Die Fig. 1. und 2., Taf. **XXXII.**, stellen ein System von einer Dampfmaschine mit geneigtem Cylinder dar, welches Hr. Eugen Bourdon zu Paris erfunden hat. Constructionen dieser Art werden hauptsächlich bei Maschinen unter 20 Pferdekräften angewendet und sie zeichnen sich durch eine große Leichtigkeit und Einfachheit aus. Der Neigungswinkel der Cylinderachse zur Sohle hat nur auf die Höhe der Böcke A Einfluß, wogegen die übrigen Verhältnisse bei verschiedenen Winkeln dieselben bleiben. Der auf der Seite befindliche Schieber wird unmittelbar durch die Excentricstange bewegt, welches übrigens jetzt eine ganz gewöhnliche Einrichtung ist.

Auf Dampfschiffen sind die geneigten Maschinen fast immer dann in Anwendung, wenn man nicht, wie gewöhnlich, unten liegende Balanciers benutzt. Nur in diesem Falle haben die fraglichen Maschinen einige Wichtigkeit und wir kommen daher weiter unten bei den Schiffsdampfmaschinen auf dieselben zurück.

Sechstes Capitel.

Maschinen mit drehbarer Kolbenstange.

Diese Maschinen, welche den Zweck haben, eine geneigte Stellung des Cylinders in diesem Falle zu vermeiden, in welchem die Entfernung der Triebwelle den vier- bis fünffachen Halbmesser der Kurbel beträgt, bestehen aus zwei Hauptsystemen:

1) Aus den sogenannten Koffer- oder Futteralmaschinen (Fig. 3. und 4., Taf. **XXXII.**), erfunden von den englischen Ingenieuren Broderip und Fr. Humphrys. 2) Aus der Maschine mit beweglichem Deckel, erfunden von den Maschinenbauern Legendre und Averly zu Lyon, abgebildet in Fig. 5. und 6., Taf. **XXXII.**

Das erste System besteht darin, daß die Kolbenstange durch einen hohlen Cylinder mit rechteckigem Querschnitte ersetzt ist,

welcher hinreichend ist, um die Schwingungen des Bläuels zu gestatten, der alsdann unmittelbar an dem Kolben angebracht ist. Diese Einrichtung hat einen Vortheil und einige Nachtheile. Der, besonders bei der Schifffahrt hervortretende Vortheil besteht darin, ein sehr geringes Gewicht des Materiales zu einem sehr wirksamen Motor bedürfen. Die Nachtheile, welche übrigens von dem vorher erwähnten Vortheile überwiegend ausgeglichen werden, wenn das geringe Gewicht des Apparats unerläßlich ist, sind die drei folgenden:

1) Die Stopfbüchse des Deckels, durch welche die Scheide geht, ist sehr bedeutend und erfordert eine stete Beaufsichtigung.

2) Der Dampfdruck über und unter dem Triebkolben zeigt eine um so bedeutendere Verschiedenheit, je größer der Durchschnitt der Scheibe ist.

3) Die Länge des Bläuels muß im Verhältniß zu dem Kurbelhalbmesser sehr bedeutend sein, wenn die Breite der Scheider weit geringer als der Kolbendurchmesser sein soll. Es folgt daraus, daß bei diesen Maschinen weite und niedrige Cylinder angewendet werden müssen, um eine der Kraft der Maschine angemessene Länge des Bläuels zu erhalten.

Das zweite System, welches die beiden oben erwähnten Nachtheile nicht hat, besteht darin, den Theil des Deckels, welcher genau durchbohrt werden muß, um die Schwingungen des Bläuels zu gestatten, mit einer beweglichen Stopfbüchse zu versehen. Diese Einrichtung hat große praktische Schwierigkeiten, da man statt einer Fuge drei hat, die man unterbrechen muß, wovon man sich überzeugen kann, wenn wir bemerken, daß die Stopfbüchse der als Bläuel wirkenden Kolbenstange in der in den Schiebern beweglichen Platte auch mit einer Nuß versehen sein muß, um verschiedene geneigte Stellungen annehmen zu können. Es giebt also Gelegenheiten genug zum Entweichen des Dampfes.

Auch bei diesem Systeme muß der Cylinder möglichst weit und kurz angenommen werden, und die Ausführung des beweglichen Deckels und der Stopfbüchse muß mit großer Sorgfalt geschehen.

Siebentes Capitel.

Dampfmaschinen mit rückwärts gehender Kurbelstange.

Dieses sinnreiche System, welches Hrn. Pauwels zum Erfinder hat, ist ausschließlich in den Werkstätten dieses Maschi-

nenbauers ausgeführt worden, und man hat es unseres Erachtens nach nicht so gewürdigt, wie es dasselbe wohl verdient. Die eigenthümliche Einrichtung der Bewegungsübertragung ist die Veranlassung gewesen, daß man die Maschine als eine zwar neue, aber durchaus nicht zweckmäßige Einrichtung angesehen hat.

Die Maschinen mit rückwärts gehender Kurbelstange (Taf. XXXII., Fig. 7., 8., 9., 10., 11. und 12.,) haben zu gleicher Zeit das Eigenthümliche der Maschinen mit zwei Kurbelstangen (Taf. XXXII.) und der sogenannten senkrechten Maschinen (Taf. XXXV.); von den erstern ist es die Einrichtung des Gerüstes und die Geradführung der Triebkolbenstange; von den senkrechten Maschinen die Stellung der Kurbelstange und der Kurbel über den Cylinder.

Worin aber diese beiden Maschinen von den beiden vorher erwähnten Maschinensystemen wesentlich verschieden sind, ist die Anwendung des Kreissectors mit zwei Stangen, am Ende der Kolbenstange, wodurch deren Verbindungskopf mit der Kurbelstange und mit der Leitung auf ihren Mittelpunkt zurückgeführt wird, wodurch man in den Stand gesetzt wird, die Triebwelle der Sohle um die ganze Kurbelstangenlänge zu nähern, d. h. unter normalen Verhältnissen von fünf Kurbelhalbmessern. Unglücklicherweise kann man diesem Maschinensysteme einen Hauptfehler darin vorwerfen, daß man diese fünf Kurbelhalbmesser nur zum Nachtheil der Kurbelstange im Verhältniß zu den senkrechten Maschinen, gewinnen kann. Mißt man die Länge der Kurbelstange und der Kurbel auf den Fig. 7. und 8., Taf. XXXII., so wird man finden, daß diese Längen in dem Verhältniß von 1 : 3 zu einander stehen, offenbar ein zu geringes Verhältniß. Um aber dasselbe größer zu machen, müßte man den Rahmen verlängern und die Führung für den Verbindungskopf der Kurbel- und Kolbenstange höher anbringen. Da dieser Kopf aber schon so hoch liegt, als es die Festigkeit des Gerüstes nur irgend gestattet, so ist es in dieser Beziehung nicht statthaft, das Längenverhältniß zwischen Kurbel- und Kurbelstangen zu erhöhen, wenn man dieses nicht dadurch zu erreichen sucht, daß man den Triebcylinder niedriger und zu gleicher Zeit weiter macht. Es ist dies ein bedeutender Fehler dieser Maschinen, der sich durchaus nicht bestreiten läßt; vielleicht dürfte es Herrn Pauwels gelingen, ihn dadurch zu verbessern, indem er die Leitungen auf die Enden des Kreisbogens zurückführt, der die Basis des Sectors bildet. In diesem

Falle könnte der Sector jede beliebige Höhe haben und die Kurbelstange würde ihre normale Länge bekommen können.

Läßt man aber die Bewegungsübertragung unberücksichtigt, so unterscheidet sich die Pauwel'sche Maschine doch noch durch die sinnreiche Einrichtung der Dampfvertheilung durch variable Expansion und durch die Erwärmung des Speisewassers mittelst des schon benutzten Dampfes.

Die Vertheilung wird durch zwei über einander liegende Schieber bewirkt, von denen der Expansionsschieber aus zwei Theilen besteht, und von denen jeder durch ein besonderes Excentricum bewegt wird. Die Expansion ist mittelst des Apparates A veränderlich gemacht. Dieser Apparat ist in Fig. 9. nach einem größeren Maßstabe dargestellt, und man wird durch denselben in den Stand gesetzt, den Verschluß der Einströmungsöffnungen zu beschleunigen oder zu verzögern, genau wie es der Fall bei dem Apparate ist, der zehn Jahre später von dem Elsasser Maschinenbauer Meyer auf seine Locomotiven angewendet wurde. Worin der Expansionsapparat von Pauwels dem Meyer'schen nachstehen könnte, ist der Umstand, daß er drei Stopfbüchsen neben einander erfordert. Meyer wendet freilich auch drei an, jedoch sind zwei davon auf der einen Seite, und nur eine dritte ist auf der anderen angebracht. Uebrigens kommen wir im 3. Bde. bei den Locomotiven auf dieses Expansionssystem zurück. Der Apparat zur Erwärmung des Speisewassers besteht aus einer weiten gußeisernen Röhre, die einerseits mit der Auslaßöffnung des Cylinders, andererseits mit dem Ausströmungsrohre in Verbindung steht, und in welcher das Wasser circulirt, das von der Speiseröhre nach dem Kessel getrieben wird. Diese Einrichtung, die nicht neu, und von vielen Maschinenbauern mehr oder weniger glücklich angewendet worden ist, gewährt bei dem Apparate des Herrn Pauwels den Vorzug, daß die Röhren leicht gereinigt werden können, welches von Wichtigkeit ist. Wirklich existirt zwischen diesen Röhren, von denen die eine von Gußeisen und die andere von Kupfer ist, eine galvanische Reaction, deren Wirkungen ganz besonders durch die Dampfcirculation begünstigt werden, indem derselbe eine Temperatur von ungefähr 100 Grad hervorbringt. Diese Reaction hat die Folge, daß sich auf den Wänden ein Theil der Salze, welche das Speisewasser aufgelös't enthielt, mehr oder weniger stark crystallisiren. Es folgt daraus, daß wenn man nach Verlauf einer gewissen Zeit den Apparat nicht reinigt, das Wasser von dem

Dampfe durch eine nicht leitende Schicht getrennt ist, die sich kaum einmal erhitzt.

Bei dem Apparate von Pauwels braucht man aber nur 3 oder 4 Schrauben wegzunehmen, um die ganze Speiseröhre des Erwärmungsapparates herauszunehmen, und mit der größten Bequemlichkeit zu reinigen.

Die Maschinen mit rückwärts gehender Kurbelstange sind hauptsächlich zu Kräften zwischen 8 und 30 Pferden geeignet. Unter 8 Pferdekräften veranlassen diese Maschinen zu viel Kosten, und es sind daher einfachere und besonders zu geringen Kräften geeignete, viel zweckmäßiger. Ueber 30 Pferdekräfte sind sie zu hoch, so daß die Geradführung für die Kolbenstange keine hinreichende Stabilität gewährt.

Condensation ist bei dieser Normalbeschaffenheit der Maschinen nicht zweckmäßig.

Achtes Capitel.

Versenkte senkrechte Maschinen.

Man bezeichnet mit dieser Benennung senkrechte Maschinen, deren Cylinder mehr oder weniger in der Sohle des Maschinenraumes versenkt ist. Man unterscheidet dabei zwei Hauptsysteme:

1) die gewöhnlichen versenkten senkrechten Maschinen;

2) die Säulenmaschinen.

I. Gewöhnliche versenkte senkrechte Maschinen.

Diese Maschinen, welche von den eigentlich sogenannten senkrechten nur darin verschieden sind, daß ihre Cylinder gänzlich oder theilweise in der Sohle versenkt sind, je nach der Höhe, in welcher die Triebwelle darüber liegt, haben in letzterer Zeit hauptsächlich dadurch Interesse erregt, daß man bei ihnen den Versuch gemacht hat, den wirkenden Dampf zu erhitzen.

Der Maschinenbauer Frey zu Belleville hat in Paris eine solche Maschine aufgestellt, deren Cylinder gänzlich in den Herd versenkt ist, der die Herdgase zu der Esse führt. Schon seit langer Zeit hatte man Versuche angestellt, um den Cylinder auf diese Weise zu erwärmen, allein es hatte sich dabei der nachtheilige Umstand ergeben, daß die Stopfung und das Fett in der Dampfbüchse und in dem Cylinder verkohlten.

Die Maschine von Frey, Fig. 1. und 2., Taf. XXXIII., hat eine metallene Kolbenliderung und die Stopfbüchse befindet sich außer dem Bereiche der heißen Gase. Die Wirkungsweise

dieser Maschine ist vollkommen gut; allein wegen Brennmaterialersparung kann man noch keine bestimmten Angaben machen, da es an vergleichenden Versuchen bis jetzt fehlte.

Die Fig. 3., 4., 5., 6., Taf. XXXIII., stellen eine Maschine mit zwei Cylindern, nach demselben Systeme dar, die in der Werkstatt des Hrn. Tamizier ausgeführt worden ist und mit ihrem gothischen Gerüste zu dem Elegantesten gehört, was man in dieser Beziehung sehen kann.

II. Säulenmaschinen.

Dieses System, welches zwei Pariser Maschinenbauer, die Herren Farcot und Alexander, unseres Wissens allein ausführen, ist von dem einen derselben aus England eingeführt worden. Es besteht gänzlich in der sinnreichen Idee seines Erfinders, den ganzen Apparat mit einer sehr starken gußeisernen Säule zu umgeben, die auf einem Piedestal steht und als Stützpunkt für alle feste und bewegliche Maschinentheile dient.

Die Fig. 1., 2. und 3., Taf. XXXIV., stellt die von Hrn. Farcot angenommene Einrichtung dar. Die Kolbenstange wird durch ein Parallelogramm von Olivier Evans A, B, C gerade geführt. Die Arme dieses Parallelogramms gehen durch vier große Oeffnungen in der Säule, theils um den Apparat möglichst zusammenzudrängen, als auch um zu den inneren Theilen leichter gelangen zu können. Die Einrichtung der Alexander'schen Maschinen unterscheiden sich von der vorliegenden nur dadurch, daß die Oeffnungen in der Säule anders angebracht sind.

Da die Kolbenstange durch ein Parallelogramm geführt wird, so kann man diese Maschine leicht mit Condensation treiben, da man nur die Leitung D E F, die ihre Bewegung von der Kolbenstange erhält, hinzuzufügen braucht. Da der Cylinder in den Boden versenkt ist, so verhindert man die Abkühlung sehr leicht dadurch, daß man einen Mantel mit Dampf anwendet, und daß man jede Luftcirculation in dem Piedestal zu unterbrechen sucht. Da auch der mit Röhren versehene Cylinder durchaus kein Theil ist, welcher eine Maschine verschönert, so gewinnt dies System durch dessen Verbergung, ohne daß dadurch irgend ein Nachtheil entsteht; aber unglücklicherweise ist damit nun auch ein Verstecken der Dampfvertheilung verbunden, und wenn auch diese Theile ebenfalls nicht zu den verschönernden einer Maschine gehören, so ist es doch zweckmäßig, wenn die Dampfbüchse mit den Dampfschiebern, wenn auch nicht sichtbar, dennoch leicht zugänglich ist. Bei diesem Systeme ist aber die Dampfbüchse unter der Sohle

angebracht, und man kann sie daher nur mittelst eines Lichtes und mit Mühe untersuchen. Es ist dies ein großer Nachtheil, der sich auch nur schwer dadurch vermeiden läßt, daß man einen noch größeren herbeiführt. Man muß daher bei Anwendung dieser festen, eleganten und von dem Mauerwerke unabhängigen Apparate, auf eine leichte Zugänglichkeit der Dampfbüchse Verzicht leisten. Auch müssen wir noch bemerken, daß dies auch nur die einzigen Fehler sind, welche diese Maschinen haben, die bei geringem Volum, so leicht Expansion und Condensation verbinden, außer dem Fundament weiter kein Mauerwerk erfordern, einen verhältnißmäßig geringen Materialverbrauch veranlassen und selbst bei größeren Kräften zweckmäßig benutzt werden können.

Neuntes Capitel.

Senkrechte Maschinen.

Senkrechte Dampfmaschinen nennt man diejenigen, deren Cylinder senkrecht und feststehen, an einer Sohlplatte auf dem Boden befestigt sind und die Bewegung einer Welle mittheilen, die so hoch über dem Cylinder angebracht ist, daß man kein anderes von den bis jetzt betrachteten Systemen anwenden kann. Von den senkrechten Maschinen mit versenktem Cylinder unterscheiden sie sich dadurch, daß die Zapfenlager für die Triebwelle um so viel höher liegen, als die Höhe des versenkten Theiles von dem Cylinder beträgt. Wenn diese Maschinen zweckmäßig construirt sind, so haben sie das schönste Ansehen von allen. In der Basis nehmen sie nicht viel Raum ein, und der Höhe nach zeigen sie dem Beobachter alle Theile der Bewegungsmittheilung. Unglücklicherweise können sie nur bei geringen Kräften angewendet werden, wenn man nicht so dicke Mauern aufführen will, um die Triebwelle in einer Höhe von dem neunfachen Kurbelhalbmesser über der Sohle in einer festen Lage zu erhalten, d. h. in einer Höhe von 9 Meter. Das Maximum der zweckmäßigen Höhe der Triebwellenzapfenlager über der Sohle scheinen uns aber nur 5 Met. zu sein; da nun diese Höhe höchstens einem Durchmesser von 15 Centimetern entspricht, so würde die größte senkrechte Maschine eine Kraft von nur 16 Pferden haben können.

Es giebt drei Hauptsysteme von senkrechten Maschinen, welche von drei talentvollen Maschinenbauern aufgestellt worden sind, nämlich:

1) das System von Imbert;

2) das System von Bourdon;

3) das System von Meyer.

Bei den Maschinen von dem verstorbenen Imbert (Taf. XXXIV., Fig. 4. und 5.) wird die Kolbenstange von zwei Frictionsrollen gerade geführt, welche sich zwischen 2 dünnen eisernen Säulen bewegen. Diese stehen mit ihrem Fuße auf dem Cylinderdeckel, während auf ihrem Capital ein Gebälk des Maschinengerüstes ruht, wie man aus den Figuren in hinlänglicher Deutlichkeit erkennen kann.

Die Expansion wird mittelst eines einzigen Schiebers mit Bedeckung bewirkt, und die Bewegung erfolgt durch ein Excentricum, dessen Form man nach dem Punkte des Kolbenlaufes bestimmt, von welchem aus man die Expansion bewirken will.

Die Imbert'schen Maschinen sind sehr sorgfältig construirt und geben einen bedeutenden Nutzeffect. Eine derselben, die von uns mit dem dynamometrischen Zaume probirt wurde, die bei einem Drittel expandirte und der Berechnung nach 15 Pferdekräfte mit 60 Procent Nutzeffect geben mußte, ergab bei dem Versuche eine Kraft von $16\frac{1}{2}$ Pferden.

Die Maschinen von Bourdon (Taf. XXXV., Fig. 1., 2. und 3.) haben dieselbe Einrichtung wie die von Imbert, mit Ausnahme der Geradführung der Kolbenstange, die bei der hier dargestellten Maschine durch ein Parallelogramm bewirkt wird. Die festen Punkte desselben sind an den Säulen des Gerüstes angebracht, und man wird durch diese Einrichtung in den Stand gesetzt, mit größter Leichtigkeit einen Condensationsapparat bewegen zu können.

Die Maschinen von Meyer (Taf. XXXV., Fig. 4. und 5.) unterscheiden sich von den vorhergehenden nur durch die Art und Weise, wie das Gerüst eingerichtet ist, so wie auch durch die Expansion, welche mittelst eines Ventils stattfindet, dessen Oeffnung durch das conische Pendel regulirt wird.

Die Kolbenstange wird, wie bei den Maschinen von Imbert, durch zwei Frictionsrollen parallel geführt, welche sich zwischen zwei Säulen bewegen. Die Wellzapfenlager ruhen auf der einen Seite in der Wand des Maschinengebäudes, und auf der andern auf einem Gesims, welches von zwei starken gußeisernen Säulen getragen wird, die zur Vermeidung der Schwankungen angewendet werden müssen. Aus diesem Grunde ist diese Einrichtung nicht recht zweckmäßig, indem bei aller Kostbarkeit dieses Gerüstes die Schwankungen nicht gänzlich vermieden werden können.

Der Ring des conischen Pendels, welcher mit einer wiederkehrend geradlinigen Bewegung auf der Pendelstange zur Bewegung der Hebel dient, wodurch das Expansionsventil, nach der größern oder geringern Entfernung der Kugeln, bewegt wird, ist durch einen abgestumpften Kegel mit zwei sich gegenseitig erhebenden Erzeugungslinien ersetzt. Dieser abgestumpfte Kegel dreht sich tangentiell im Innern eines Rahmens, der am Ende einer Ventilstange liegt, und der durch eine Feder oder ein Gegengewicht geschlossen gehalten wird. Jedes Mal, wenn eine von den hervorstehenden Erzeugungslinien des Kegels beim Drehen die Fläche des Rahmens berührt, stößt sie denselben zurück und öffnet das Ventil. Diese Oeffnung ist um so größer, je bedeutender der Kegeldurchschnitt ist, welcher der Rahmenebene entspricht. Dieser abgestumpfte Kegel hat eine solche umgekehrte Lage, daß, wenn die Kugeln wegen einer zu großen Geschwindigkeit sich von einander entfernen, er einen kleinen Durchschnitt darbietet, der eine kleine Oeffnung des Ventils bewirkt, während daß, wenn sich die Kugeln, wegen einer zu geringen Geschwindigkeit, einander nähern, er einen großen Querschnitt darbietet, der eine große Ventilöffnung veranlaßt. Die verbrauchte Dampfmenge steht daher im Verhältniß zu der Wirkung. Außerdem setzt auch Hr. Meyer das Gewicht der Kugeln so in's Gleichgewicht, daß die Centrifugalkraft nur auf die Expansion einwirkt.

Zehntes Capitel.

Maschinen mit schwingendem Cylinder um eine Achse, die sich in der Mitte seiner Länge befindet.

Diese Art der Construction der Dampfmaschinen ist von England ausgegangen, jetzt aber überall befolgt, und wurde in Frankreich zuerst bei dem rühmlichst in Paris bekannten Maschinenfabrikanten, Hrn. Cavé ausgeführt, einem Manne, dem der wissenschaftliche Theil des Maschinenwesens sehr viel verdankt. Man hat in neuerer Zeit diese Maschinen, ganz besonders bei der Dampfschifffahrt wegen ihrer großen Einfachheit, sehr allgemein angewendet, selbst bei den größten Maschinen, da ihre Nachtheile durch eine recht sorgsame Ausführung größtentheils vermieden werden können.

Nach Hrn. Cavé haben mehrere französische Maschinenbauer dieses System angenommen und in allen vorkommenden Fällen ausgeführt. Besonders sind es die Hrn. Tamizier,

Kientzy und Stoltz Sohn, die wir hier als solche Maschinenbauer anführen müssen, die sehr verschiedenartige Einrichtungen schwingender Maschinen ausgeführt haben.

Wir wollen diese drei verschiedenen Systeme nach einander betrachten.

1. Die Maschinen von Cavé.

Diese Maschinen sind entweder senkrecht, oder geneigt, oder horizontal. Wenn sie senkrecht sind, wie in den Fig. 1. und 2., Taf. XXXVI., so besteht ihr Gerüst aus einem von vier Säulen getragenen Gebälk, und diese Säulen stehen auf einer Platte, die zu gleicher Zeit die Zapfenlager für die Schwingungsachse des Cylinders trägt. Die Dampfvertheilung wird auf verschiedene Weise bewirkt; entweder bestehen die Distributoren aus zwei Hähnen (Taf. XII., Fig. 3.), welche sich um eine Achse drehen, die eine Rotationsbewegung von der Triebwelle mittelst einer Kniewelle und mittelst Zahnräder erhält; oder sie besteht, wie in Fig. 1—4., aus einem Papillonventil, für das Einströmen des Dampfes und mit veränderlicher Expansion, und aus zwei Schiebern für das Ausströmen. Das Ganze wird durch ein Excentricum in Bewegung gesetzt, dessen Bewegung ebenfalls von der Triebwelle mittelst einer Kniewelle und eines Räderwerks ausgeht. Bei einigen Maschinen aus der berühmten Fabrik von Cavé ist das Excentricum auf der Triebwelle fest angebracht, und zwar in der Nähe der Kurbel, und setzt die Bewegung unmittelbar auf die Schieber fort.

Wenn die Maschinen geneigt sind, so ist das Gerüst ähnlich denen der geneigten Maschinen mit feststehenden Cylindern und besteht aus zwei durchbrochenen, gußeisernen Böcken, welche der Bewegungsebene parallel stehen und die Schwingungsachse des Cylinders, die Triebwelle und die Sohle unter einander verbinden. Diese Maschinen sind gewöhnlich gekuppelt und werden zum Betriebe von Dampfböten angewendet, wie wir weiter unten sehen werden.

Wenn der Cylinder horizontal ist, so besteht das Gerüst aus einer starken Sohlplatte, an deren Enden zwei Paar Zapfenlager angebracht sind, von denen das erste die Schwingungsachse des Cylinders und das zweite die Triebwellenzapfen enthält. Die Dampfvertheilung wird auf ähnliche Weise wie bei der vorhergehend beschriebenen Maschine bewirkt. Das Merkwürdigste bei den schwingenden Maschinen von Cavé sind die vielfachen Anwendungen derselben, welche der Erfinder mit so großem Erfolge

gemacht hat. So ist das System, welches nur auf geringe Kräfte anwendbar zu sein schien, in England von Hrn. Cavé aber auch auf Maschinen von 60, 80 und selbst 120 und 130 Pferdekräften angewendet. Ueberall ist man mit diesen Maschinen zufrieden, weil sie einfach sind, wenig Reparaturen veranlassen und nicht so vielen Brüchen ausgesetzt sind, als die übrigen.

So genügend nun auch im Allgemeinen die mit diesen Maschinen erlangten Resultate sein mögen, so müssen wir dennoch bemerken, daß sie in Beziehung auf die Dampfvertheilung stets viel zu wünschen übrig lassen, indem dieselbe etwas verwickelt ist. Aus diesem Grunde hauptsächlich sind die Maschinen mit schwingendem Cylinder auch nicht so allgemein verbreitet, als sie es sein würden, wenn dieser Punkt auf dieselbe Weise erledigt würde, als bei den feststehenden Cylindern.

2. Maschinen von Tamizier.

Die Maschinen von Tamizier haben alle einen senkrechten Cylinder; ihre Kraft übersteigt die von 12 bis 16 Pferden selten. Sie bestehen, Taf. XXXVII. Fig. 1., 2., 3. und 4., aus einem mittelalterlichen Gerüst mit nur zwei Säulen, welche die Triebwelle tragen, und die selbst auf einer Sohlplatte stehen, auf welcher auch die Zapfenlager für die Schwingungsachse des Cylinders stehen. Die Vertheilung wird mittelst eines einzigen Schiebers von Bronze bewirkt, der durch das Excentricum der veränderlichen Expansion bewegt wird, und von dem wir bereits im ersten Theile geredet haben. Die Geradführung der Kolbenstange wird, wie an der Cavé'schen Maschine, durch eine Rolle bewirkt, die sich zwischen zwei eisernen Stangen an dem Deckel des Cylinders bewegt.

Es würde schwer halten, zu bestimmen, welcher Vertheilungsapparat von beiden Maschinen der beste sei; jedoch muß man sagen, daß bei der Maschine von Tamizier die Vertheilung ganz dieselbe ist, wie bei den Maschinen mit feststehendem Cylinder, und dies ist ein Vortheil. Die Bewegungsmittheilung vom Excentricum zum Schieber ist dagegen verwickelt, indem eine große Menge von Stücken dazu erforderlich sind, hat aber den Vortheil, den Schieber für den Maschinenwärter zugänglich zu machen, indem ihn derselbe mit der größten Leichtigkeit mittelst eines kleinen Hebels handhabt.

Einer besondern Erwähnung verdient der Speiseapparat. Er besteht aus einem Troge mit kaltem Wasser, dessen Niveau durch einen Hahn mit Schwimmer constant bleibt. In demselben steht die Speisepumpe, und das Wasser tritt aus derselben in ein

zweiarmiges Schlangenrohr, welches sich im Innern der Röhre befindet, durch welche der Dampf, der gewirkt hat, entweicht. Da ein Theil des Dampfes, der durch diese Röhre strömt, sich verdichtet, so wird dies Wasser nach einem verschlossenen Gefäße geführt und aus demselben mittelst einer Röhre und durch den sich expandirenden Dampf in den Kessel getrieben. — Der Nutzeffect dieser Maschine beträgt 20 Pferdekräfte.

3. Maschinen von Kientzy.

Die Maschinen zeichnen sich besonders durch die Einfachheit ihrer Dampfvertheilung aus. Ihr Gerüst (Taf. XXXVI., Fig. 5., 6., 7., 8.) besteht aus mittelalterlich gestalteten Säulen, die auf einer Sohlplatte stehen, an denen auch die Lager für die Schwingungszapfen des Cylinders befestigt sind. Der Dampfvertheilungsapparat, welcher aus zwei über einander liegenden Schiebern besteht, von denen der eine die Expansion bewirkt, bewegen sich nicht parallel mit der Triebkolbenstange, sondern in einer senkrechten Richtung auf derselben und auf einer Platte, die unmittelbar über der Schwingungsachse des Cylinders angebracht ist. Der Expansionsschieber erhält seine Bewegung, wie bei den horizontalen Maschinen, mittelst eines Knaggens, der die veränderliche Expansion veranlassen kann. Die Schieberstange geht durch den Deckel der Dampfbüchse, und ihr Ende ist mit einer Frictionsrolle verbunden, die sich während der Schwingung des Cylinders in der Nuth A bewegt, die so eingerichtet ist, daß bei jeder Cylinderschwingung der Schieber einen ganzen Lauf macht. Diese Coulisse A, ein einfaches schmiedeeisernes Stück, welches auf der Sohlplatte mit zwei oder vier Schraubenbolzen befestigt ist, ersetzt zu gleicher Zeit Excentricum, Wellen, Räderwerk und Hebel, die man bei den vorhergehenden Maschinen anwenden muß.

4. Maschinen von Stoltz Sohn.

Diese Maschinen (Taf. XXXVII., Fig. 5. und 6.) haben, außer einer großen Einfachheit, nichts Bemerkenswerthes in ihrer Ausführung. Die Dampfvertheilung, welche in der Schwingungs-Achse und in ihrem Zapfenlager angebracht worden ist, muß für unzweckmäßig erkannt werden. Das System kann daher nur auf Kräfte unter 8 Pferden angewendet werden, welches auch die Erbauer erkannt haben.

Die Art der Dampfvertheilung in diesem Systeme ist besonders deßhalb nachtheilig, weil sich die beiden cylindrischen Theile, die mit einander in Berührung stehen, gegenseitig stark abnutzen, und

zwar indem der Durchmesser des einen Theils zu- und des andern Theils abnimmt.

Um die unausbleibliche Folge dieser Abnutzung der sich berührenden Theile des Vertheilungsapparates möglichst zu vermindern, hat Herr Stoltz beide Lager des Schwingungszapfens mit Stopfbüchsen versehen, die jedoch ihren Zweck nicht gänzlich erfüllen, da es unmöglich ist, einen Dampfverlust dabei zu vermeiden.

Elftes Capitel.

Maschinen mit schwingendem Cylinder um eine an dem Ende befindliche Achse.

Dieses erst seit wenigen Jahren in Anwendung gekommene System hat zu verschiedenen Systemen Veranlassung gegeben, von denen die wichtigsten folgende sind:

1. Die Maschinen von Fèvre.

Die ersten Maschinen dieses Ingenieurs, der früher der berühmten Maschinenbauanstalt von Derosne und Kail zu Paris vorstand, zeichneten sich durch eine außerordentliche Einfachheit aus; unglücklicherweise waren die Resultate, welche sie gaben, schlecht, so daß diese Maschinen bedeutend verändert werden mußten. Dies veranlaßte eine verwickelte Construction, die der Art ist, daß dies System keinen Vorzug gegen andere hat; als besonderes System hat es jedoch immer eine gewisse technische Wichtigkeit, weßhalb wir es auch hier beschreiben.

Es bestehen diese Maschinen (Taf. XXXVIII., Fig. 1. und 2.) aus einem Dampfcylinder **A**, der an seinem unteren Ende ein Kugelgelenk **B** enthält, welches mit von einer kugelförmigen Hülse **C** umfaßt wird, und in diesem Gelenk finden die Schwingungen des Cylinders statt.

Anfänglich war der Cylinder einfach wirkend, was die Vertheilung betraf, aber doppelt wirkend in Beziehung auf die Uebertragung der Kraft. Er mußte daher einen doppelten Querschnitt von dem haben, den er bei doppelter Wirkung hat, und der massive Kolben im Gewicht, welches halb so groß als der Druck war, den der Dampf auf die untere Seite des Kolbens ausübte. Auf diese Weise wurde die Hälfte der Wirkung des Dampfes während des Aufganges von dem Kolben, von diesem letztern absorbirt, der sie beim Niedergange wieder ersetzte. Die Vertheilung wurde durch die Berührung der Kugel und der Pfanne von dem Gelenk,

durch die Schwingung des Cylinders bewirkt. Zwei kleine Achsen, welche auf die Enden des Durchmessers, senkrecht auf die Schwingungsachse geschraubt worden waren, hinderten die Kugel, sich in der Pfanne selbst zu drehen.

Diese Maschinen, deren Kräfte sich von 1—4 Pferden beliefen, wurden in der oben genannten großen Pariser Maschinenbauanstalt zur Bewegung von verschiedenen Werkzeugs-Maschinen angewendet. Dieser Vertheilung der Kraft lag eine sehr sinnreiche Idee zum Grunde, nämlich durch einen einzigen Generator verschiedene kleinere und größere Triebkräfte hervorzubringen, welche zu jeder Zeit für sich angehalten und in Betrieb gesetzt werden konnten. Dieses System ist neuerlich in allen Maschinenfabriken mit großem Vortheil mehr und mehr angewendet worden. Bei den vorliegenden Maschinen war, wie bei vielen anderen, das System gut, allein die Ausführung der Maschinen war schlecht, es fanden zahlreiche Entweichungen des Dampfes durch das Gelenk statt, so daß dasselbe zu häufig ausgeschmirgelt und am Ende ganz verändert werden mußte.

Die Kugelgelenke hatten gegen die cylindrischen Zapfen den Vortheil, sich nach den transversalen Schwingungen der Kurbelwarze zu richten, indem sich dieselbe selten in der theoretischen Bewegungsebene dreht. Man suchte daher auch diese Kugelgelenke beizubehalten und den Dampfverlust auf eine andere Weise zu vermeiden, indem man die Kugelpfanne mit einem Ringe umgab, der durch Schraubenbolzen festgehalten wurde. Statt einer einzigen Oeffnung in der Kugel, die abwechselnd mit zwei Oeffnungen in der Pfanne, der einen zum Einströmen, der andern zum Ausströmen des Dampfes, in Verbindung stand, brachte man zwei an, damit die Wirkungen der Vertheilung rascher waren, und man entfernte sie hinlänglich von einander, damit kein Dampfverlust durch die Einströmungsöffnung der Kugel und die Ausströmungsöffnung der Pfanne stattfand. Da die Kugel gewissermaßen von einer Hohlkugel umgeben war, und da sie durch die Wirkung des Dampfes in dem Cylinder im Gegensatz von dem, was in den einfach wirkenden Maschinen stattfindet, nicht weiter gehoben werden konnte, so hielt man es für zweckmäßiger, einen doppelt wirkenden Cylinder anzuwenden, um diesen schweren massiven Kolben zu vermeiden, der an und für sich und durch die Stopfbüchse solche bedeutende Kraft absorbirte. Man stellte daher das alte Vertheilungssystem wieder her, welches darin bestand, die Vertheilung in dem Cylinder durch eine einzige Oeffnung in der Kugel

zu bewirken. Da aber die Vertheilung die doppelte war, so verdoppelte man auch den Apparat, so daß man zwei Oeffnungen in der Kugel bekam, eine oben und die andere unten. In der Pfanne mußten drei Oeffnungen angebracht werden, eine zum Einströmen in der Mitte und die beiden andern zum Ausströmen auf beiden Seiten. Jedoch hatte diese Construction keinen bessern Erfolg, als die vorhergehende, denn der Dampfverlust nahm eher zu als ab, weßhalb Hr. Fèvre zu der Einrichtung gelangte, wie sie die Fig. 1 und 2 Taf. XXXVIII. darstellten.

Bei dieser Einrichtung ist der Apparat einfachwirkend; der Schieber D, dessen Bewegung durch die Schwingung der Platte E um den festen Hebel hervorgebracht wird, dient nur dazu, den Ausströmungsweg a (Fig. 3 und 4) zu öffnen. Das Einströmen wird durch das Ventil F bewirkt, welches ein Excentricum an der Triebwelle in Bewegung setzt. Es folgt daraus, daß der Weg b stets geöffnet bleibt, sei die Stellung des Schiebers D auch welche sie wolle. Der aus dem Cylinder ausströmende Dampf entweicht zum Theil durch die Röhre G und zum Theil durch die Oeffnung c, von wo aus er sich in den Mantel des Cylinders verbreitet. Auf diese Weise findet eine weit geringere Abkühlung des Cylinders statt.

So wie man leicht einsehen wird, kann die letztere Einrichtung nur eine sehr mittelmäßige sein, da eine einfachwirkende Maschine mit Rotation zu einer doppeltwirkenden nichts taugt. Andererseits ist auch der Schieber unzugänglich, und um ihn zu untersuchen, muß man den Cylinder immer aus seinen Lagern nehmen.

2. Die Maschinen von Leloup.

Diese Maschinen (Taf. XXXVIII., Fig. 5, 6 und 7) sind dem Princip nach nicht viel zweckmäßiger als die vorhergehenden, oder wie die Maschinen von Stolz, und wenn sie noch irgend benutzt werden, so ist dies nur eine Folge ihrer sehr guten Ausführung.

Sie bestehen aus einem doppeltwirkenden Cylinder A, der um einen festen Zapfen B sich schwingt. Dieser Zapfen dreht sich in zwei Lagern, in denen die Dampfvertheilung mittelst zweier Leitungen und dreier Wege abc (Fig. 8) einerseits, und durch zwei Wege de andererseits bewirkt wird. Der eine der letztern steht mit dem Raum über, und der andere unter dem Raume mit dem Kolben in Verbindung. Ein umgekehrter Deckel C, der mit dem Cylinderboden mittelst Schraubenbolzen verbunden ist, umgiebt den festen Zapfen B, hält die reibenden Theile so vollständig

als möglich zusammen und eben so auch die Haupttheile des Cylinders.

Diese Einrichtung hat den Vortheil einer leichten Ausführung: ein abzudrehender Zapfen, ein auszubohrender Muff und das Zusammenschmirgeln beider Theile sind die drei Hauptarbeiten bei Ausführung dieses Systems. Da aber diese Arbeiten in jeder gewöhnlichen Maschinenbauwerkstatt ohne weitere Schwierigkeiten ausgeführt werden können, so haben diese Maschinen gegen die vorhergehenden den großen Vorzug einer leichtern und sorgfältigeren Ausführung, so wie auch noch den der größten Einfachheit.

Unglücklicherweise haben aber die Maschinen dennoch den Fehler, daß, wenn sie stärker als von 6 Pferdekräften sind, die Zapfen sich leicht abnutzen und dann nachgearbeitet werden müssen. Dennoch findet man an verschiedenen Punkten Frankreichs Maschinen von diesem Constructeur von 15 bis 20 Pferdekräften, und die, wenn auch keinen vollkommenen, doch aber einen guten Gang haben. Sie sind nämlich so einfach und fest ausgeführt, daß nie ein fehlerhaftes Stück vorkommt, ein freilich sehr zu berücksichtigender Umstand. Nur die Dampfvertheilung ist mangelhaft, hauptsächlich wenn die Triebwelle nicht vollkommen senkrecht auf der Bewegungsebene steht.

Es ist bei diesen, so wie bei allen schwingenden Maschinen sehr schwierig, die Expansion anzuwenden; dennoch ist dies bei den vorliegenden, so wie bei den Maschinen von Fèvre geschehen. Zu dem Ende bringt er zwischen dem Dampfrohr und der Schwingungsachse des Cylinders einen Kasten mit Schieber oder Ventil K (Fig. 5) an, welcher durch ein Excentricum mit zwei Hebedaumen bewegt wird, dessen Querschnitte nach dem zu erlangenden Grade der Expansion, verschieden sind.

3. Die Maschinen von Frey.

Diese Maschinen (Taf. XXXIX., Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6) unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, daß der Schwingungszapfen mit dem Cylinder aus einem Stück besteht, wodurch die Vertheilung nach außen gebracht wird, und eine leichte Anwendung der Einrichtung von Kientzy gestattet. Jedoch hat Hr. Frey keins derselben angewendet, sondern eine andere Einrichtung, die freilich minder gut ist, dennoch aber ein gewisses Verdienst hat. Es besteht dieselbe aus zwei conischen Oberflächen, und die Vertheilung erfolgt durch die Schwingungen des Cylinders selbst. Nun haben aber conische Oberflächen den gro-

ßen Vorzug, gegen cylindrische und kugelförmige, daß sie durch die Abnutzung nicht undicht werden und nie einen Spielraum zwischen sich lassen.

Der einzige Nachtheil dieser Einrichtung von Hrn. Frey besteht darin, daß die Dampfvertheilung von dem Cylinder entfernt ist; allein da er sein System auf Maschinen von höchstens 8 Pferdekräften anwendet, so hat der Nachtheil gar keinen wesentlichen Einfluß.

Die Expansion erfolgt bei diesen Maschinen, so wie bei denen von Leloup, mittelst eines Ventils, das durch einen Hebedaummuff bewegt wird, der veränderliche Querschnitte hat; nur findet hier die Veränderung des Querschnittes in diesem Hebedaumen in jedem Augenblicke statt, und werden durch ein conisches Pendel mittelst eines Apparates bewegt, der dem beschriebenen von Meyer ähnlich ist. Es ist dies eine sehr zweckmäßige und nachahmungswerthe Anwendung.

4. Die Maschine von Farcot.

Der Erbauer der vorliegenden Maschine hat mit einigen Abänderungen das gethan, was Hr. Frey nicht thun wollte. Wirkilch bestehen die schwingenden Maschinen Farcot's (Taf. XXXIX., Fig. 7, 8, 9, 10, 11, 12) in einem Cylinder, der mit seinem Schwingungszapfen ein Stück bildet, und wie der von Kientzy eine Vertheilung mit zwei Schiebern hat. Sie unterscheiden sich von den letztgenannten Maschinen dadurch, daß die Bewegung der Vertheilungsschieber auf eine ähnliche Weise bewirkt wird, wie sie bei den Maschinen von Fèvre beschrieben worden sind. Unseres Erachtens nach ist aber die Vorrichtung von Kientzy einfacher und zweckmäßiger. Endlich muß noch bemerkt werden, daß Hr. Farcot nur wenige Maschinen nach diesem System erbaut hat.

Zwölftes Capitel.

Maschinen mit sich drehendem oder umlaufendem Cylinder.

Diese Maschinen, von denen der verstorbene Romancé die erste Idee gehabt zu haben scheint, umfassen drei Hauptarten, nämlich:

Maschinen, deren Cylinder sich in einer Curve dreht.

Maschinen, deren Cylinder sich um eine Achse dreht, die im Verhältniß zu der Triebwelle excentrisch ist.

Maschinen, deren Cylinder auf einer beweglichen Platform steht.

1. Maschinen, deren Cylinder sich in einer Curve dreht.

Diese Maschinen (Taf. XLI., Fig. 1 und 2), die sogenannten Romancé'schen, bestehen aus einem Cylinder A, oder aus zwei im rechten Winkel, nach einer Achse B verbundenen Cylindern. Diese Achse geht durch die Mitte ihrer Länge und sie macht um dieselbe eine drehende Bewegung. Jeder von diesen Cylindern ist mit einer Kolbenstange versehen, welche durch beide Enden desselben geht, und selbst in zwei Frictionsrollen CC endigt, welche sich in einer geschlossenen Curve D drehen, die folgenden Bedingungen genügt:

1) Eine einzige von den Normalen auf diese Curve geht durch die Drehungsachse B der Cylinder und ist durch diese Achse in zwei Theile getheilt, deren Differenz gleich dem Kolbenlauf ist.

2) Jede Linie, die durch die Drehungsachse B geht und in der Curve D endigt, hat die Länge der vorhin erwähnten Normale zu ihrer eigenen Länge.

3) Die ganze Länge der Kolbenstange mit Einschluß der Frictionsrollen ist der besagten Normale gleich.

Es folgt aus dieser Erklärung, daß wenn ab die durch die Achse gehende Normale ist und wenn die Mittelpunktslinie der Rollen mit ab zusammenfällt, die Einwirkung des Dampfes auf den Kolben durch den Widerstand der Curve aufgehoben wird. Wenn dagegen die Mittelpunktslinie der Rollen mit ab nicht zusammenfällt, und die Wirkung des Dampfes auf den Kolben schief geworden ist, in Beziehung auf die Tangente D, eine Zerlegung in zwei Kräfte stattfindet, von denen die eine, welche aufgehoben worden, normal, und die andere tangental ist. Diese erhält alsdann die ganze Wirkung der Drehung des Cylinders so lange, bis daß die Mittelpunktslinie der Rollen wiederum mit der Normale ab zusammenfällt.

Soll die Bewegung continuirlich werden, so wendet man zwei Cylinder an, oder man fügt ein Schwungrad hinzu.

In der Absicht, seine Maschine durch Weglassung des Schwungrades zu vereinfachen, brachte Romancé die Frictionsrollen an den Enden der einen von den Diagonalen des Rechtecks an, welches die Leitungen EE' der Kolbenstangen bilden.

Auf diese Weise wurde die Wirkung des Dampfes im Verhältniß zu der Tangente schief, wenn die Mittelpunktslinie der

Rollen mit der Normale ab zusammenfiel. Diese Einrichtung, welche keine wirksamen Resultate haben konnten, so lange noch ein Spielraum in den Gelenken stattfand, hatte außerdem den großen Nachtheil, das Rechteck in ein Parallelogramm zu verwandeln. Will man sie ferner nach beiden Richtungen umgehen lassen, so muß man noch andere Rollen an den Enden der andern Diagonale haben, ein System, welches eine zweite Curve erfordert. Wir haben in der Fig. 1 Taf. XLI. die beste Art und Weise der Construction dieser Maschine dargestellt, und haben daher die Mittelpunkte der Rollen auf der Kolbenstangenachse angebracht.

Obwohl die Maschinen mit einem einzigen Cylinder einen todten Punkt haben, so wirken sie doch ohne Schwungrad. Es rührt dies Resultat daher, daß man ihnen eine große Rotationsgeschwindigkeit giebt und der Vertheilung ein Voraneilen ertheilt. Dennoch aber ist es zweckmäßiger, zwei noch mit einander verbundene Cylinder anzuwenden.

So wie man bei der Untersuchung der Fig. bemerkt, bewegen sich die Rollen nur mit der einen Hälfte der Curve mit Druck, und es dient die andere Hälfte nur dazu, die Verbindung der beiden Enden der ersteren zu bewirken, und Stöße bei jedem Wechsel der Bewegung zu vermeiden. Da der Theil der wirkenden Curve nur der Bedingung zu genügen hat, daß seine Enden normal auf der geraden Linie ab stehen, so kann sie eine halbe Peripherie sein, deren Mittelpunkt von der Achse B um einen halben Lauf entfernt ist. Der andere Theil der Curve wird mittelst Linien bestimmt, die stets durch die Achse B geht und stets von der wirksamen Curve geschnitten werden.

Die Dampfvertheilung ist bei diesen Maschinen ähnlich der von Stoltz Sohn angenommenen, mit anderen Worten, sie gehört nicht zu den zweckmäßigeren. Der Dampf strömt durch die Röhre F ein und durch die Röhre G aus. Der Einströmungsweg findet sich in dem Zapfenlager der Welle B, und der Ausströmungsweg an dessen Deckel. Man muß demnach den nutzbaren Theil der Curve oben anbringen, damit die Reaction des Dampfes gegen den Deckel stets gegen denjenigen Theil des Zapfens drückt, durch welchen der Dampf einströmt.

Es hat dieses System, dessen gute Ausführung sehr schwierig ist, eine höchst wichtige Anwendung; denn wegen der großen Leichtigkeit und Einfachheit seines Mechanismus ist seine Anwendung bei der Marine sehr wichtig; bei andern stehenden Maschinen jedoch sehr unwichtig.

Bayerische Staatsbibliothek München

2. Maschinen, deren Cylinder sich um eine Achse drehen, die gegen die Triebwelle excentrisch ist.

Dieses System, welches von dem verstorbenen Moulin erfunden wurde, hat den Zweck, die Curve an den Romancé-schen Maschinen zu vermeiden, da dieselbe durch die tangentielle Reibung der Rollen und durch die Reibung derselben in ihren Achsen einen bedeutenden Kraftverlust veranlaßt. Die in den Fig. 3, 4, 5, 6, Taf. XLI. abgebildete Maschine besteht aus einem Cylinder A, mit einem Zapfen, der entweder in der Mitte seiner Länge und nur auf einer Seite, oder wie in der vorliegenden Zeichnung, an dem einen Ende angebracht ist. Er dreht sich mittelst dieses Zapfens in den beiden festen Zapfenlagern B und C. Das Ende der Kolbenstange ist mit einem Zapfen an einem Schwungrade verbunden, und die Drehungsachse desselben ist um einen halben Kolbenlauf mit der des Cylinders excentrisch. Die Dampfvertheilung wird durch die unzweckmäßige, weiter oben beschriebene Methode bewirkt. Es ist möglich, daß in der Folge die Maschinen zu irgend einem passenden Zweck angewendet werden; bis jetzt ist ihre Erwähnung nur dazu gut, um Erfinder zu überzeugen, daß eine Idee dieser Art nichts Neues sei.

3. Maschinen, deren Cylinder auf einer beweglichen Platform befestigt ist.

Dieses von dem Maschinenbauer Butt erfundene System ist eine gewöhnliche Maschine, die den Dampf aus einem festen Kessel erhält und die auf einem beweglichen Theil angebracht worden ist.

Sie besteht (Taf. XLI., Fig. 7 und 8) aus einer kleinen horizontalen Maschine A, die auf einer Platform B befestigt ist, welche ihrerseits mit einer Welle C in Verbindung steht. Die Maschinenwelle D ist mit einem Getriebe E versehen, welches in das Zahnrad F mit innerer Verzahnung greift. Es folgt aus dieser Einrichtung, daß, wenn die Maschine im Gange ist, das Getriebe sich in dem Innern des Zahnrades D bewegt und in seiner Bewegung die Welle C mit fort.

Es hat dieses System, obgleich es auf den ersten Blick abgeschmackt erscheint, dennoch einige Vortheile, indem durch Anwendung des Räderwerks und durch zweckmäßige Veränderung desselben eine Menge von verschiedenen Kraftverbindungen erzeugt wird.

Ende des zweiten Theiles.

Bayerische Staatsbibliothek München

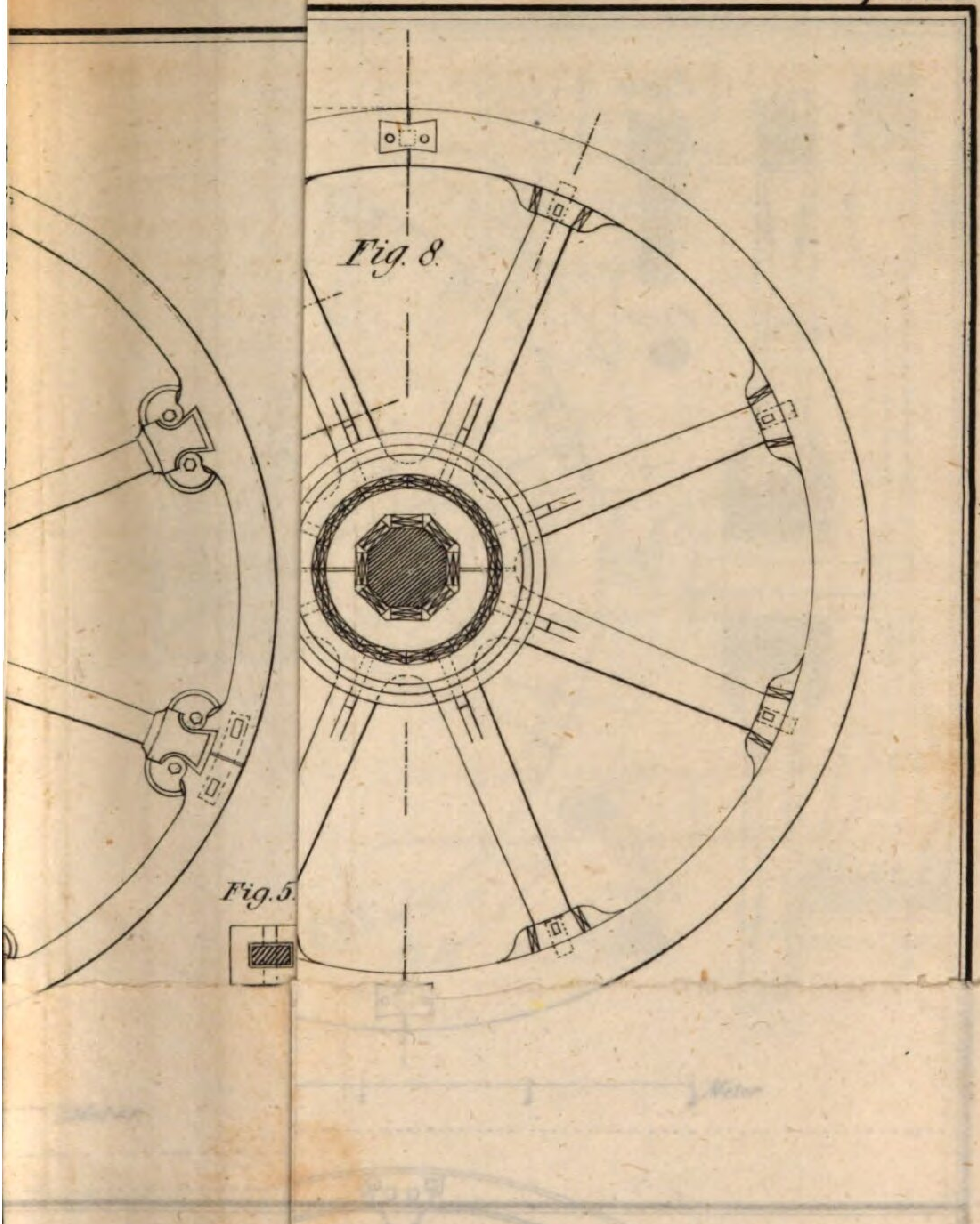
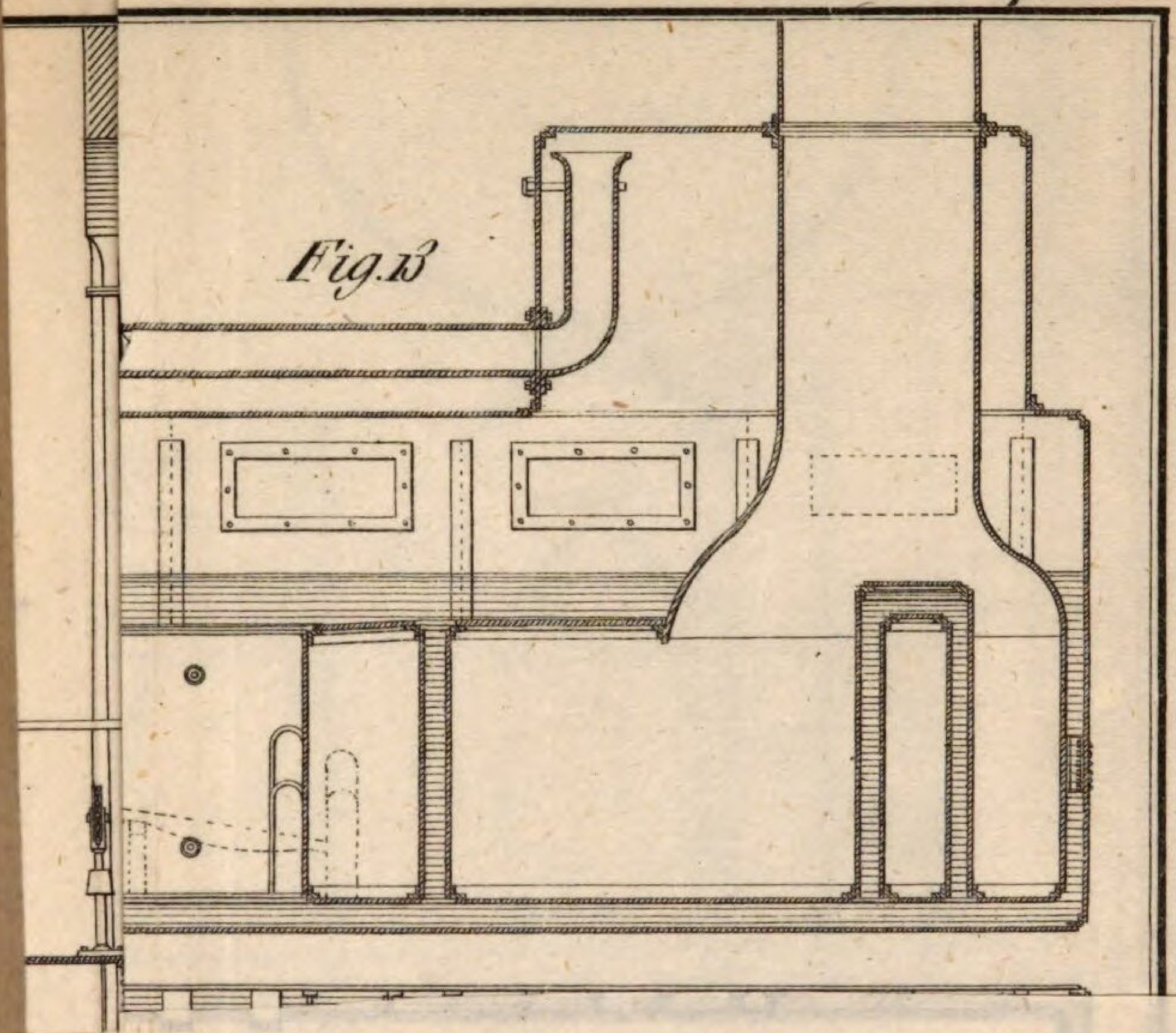
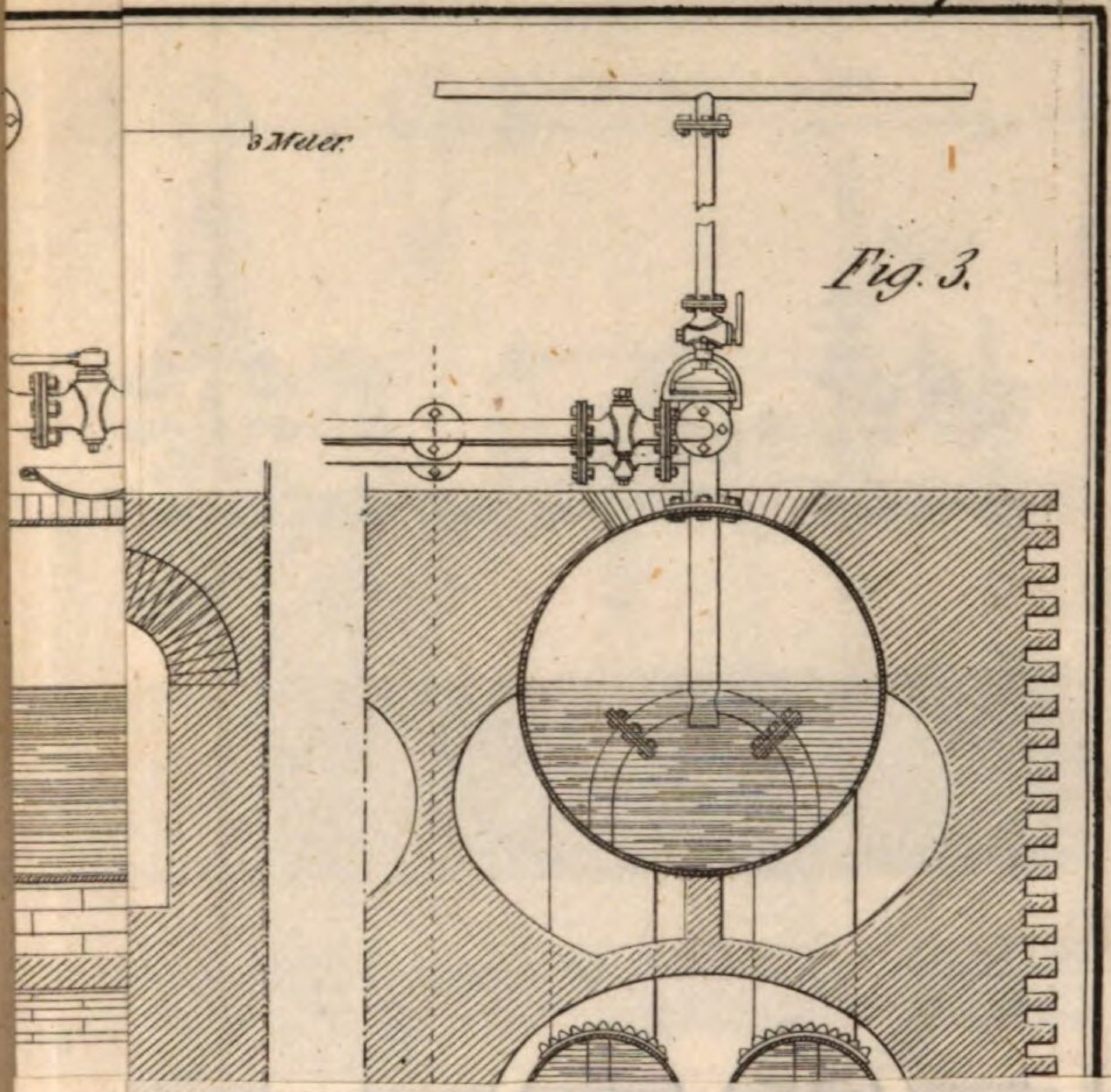


Fig. 8.

Fig. 5.

Fig. 13




3 Meter
Fig. 3.

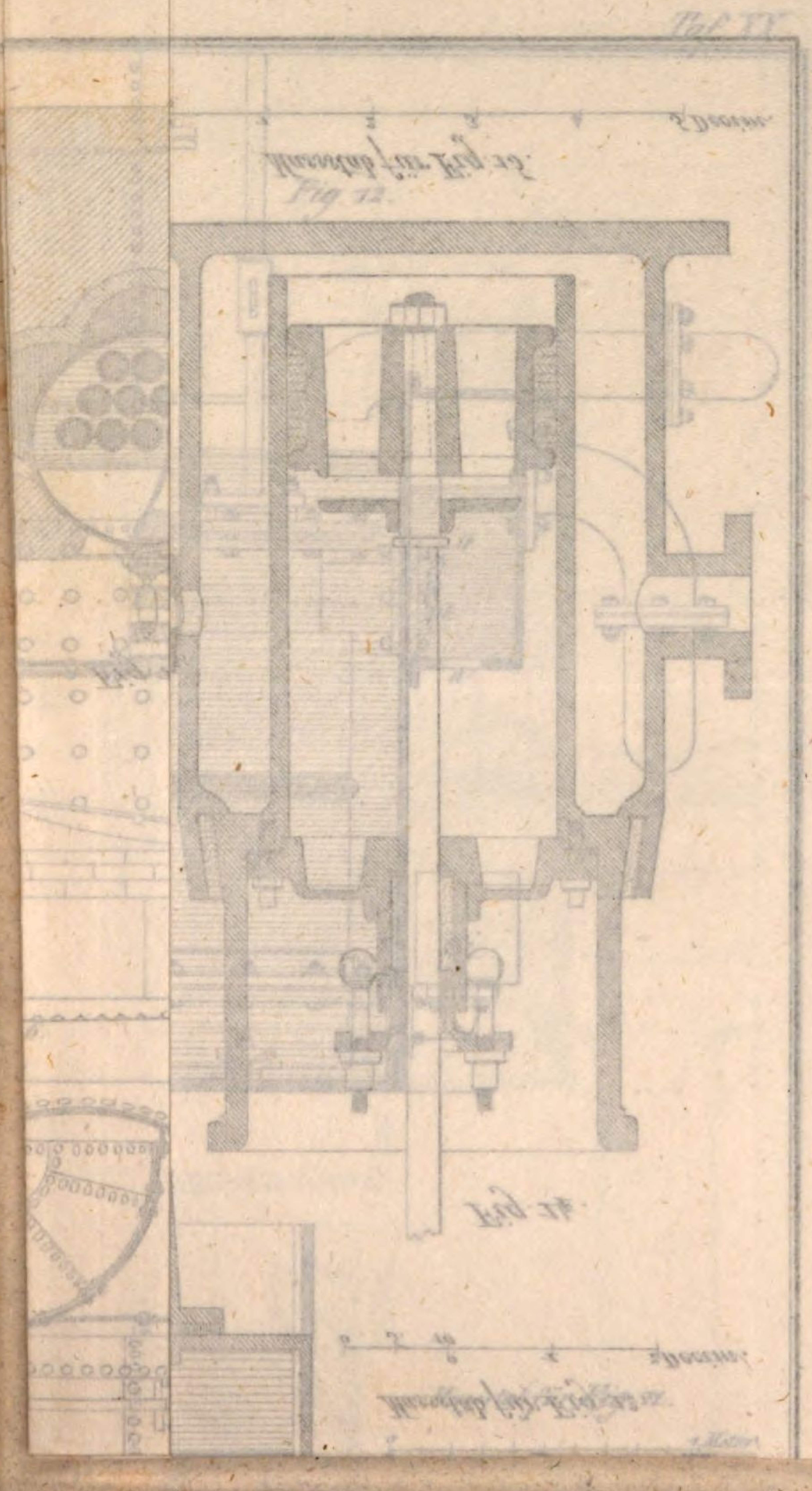
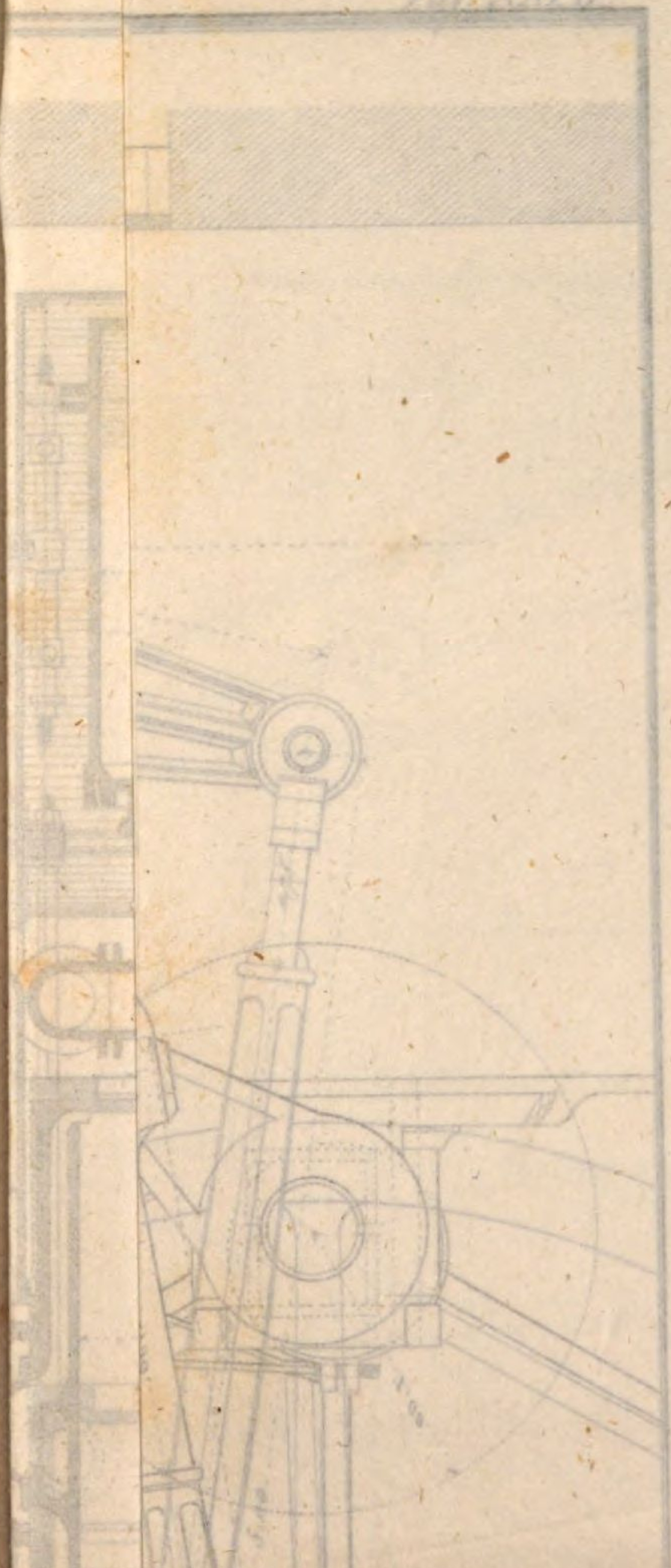
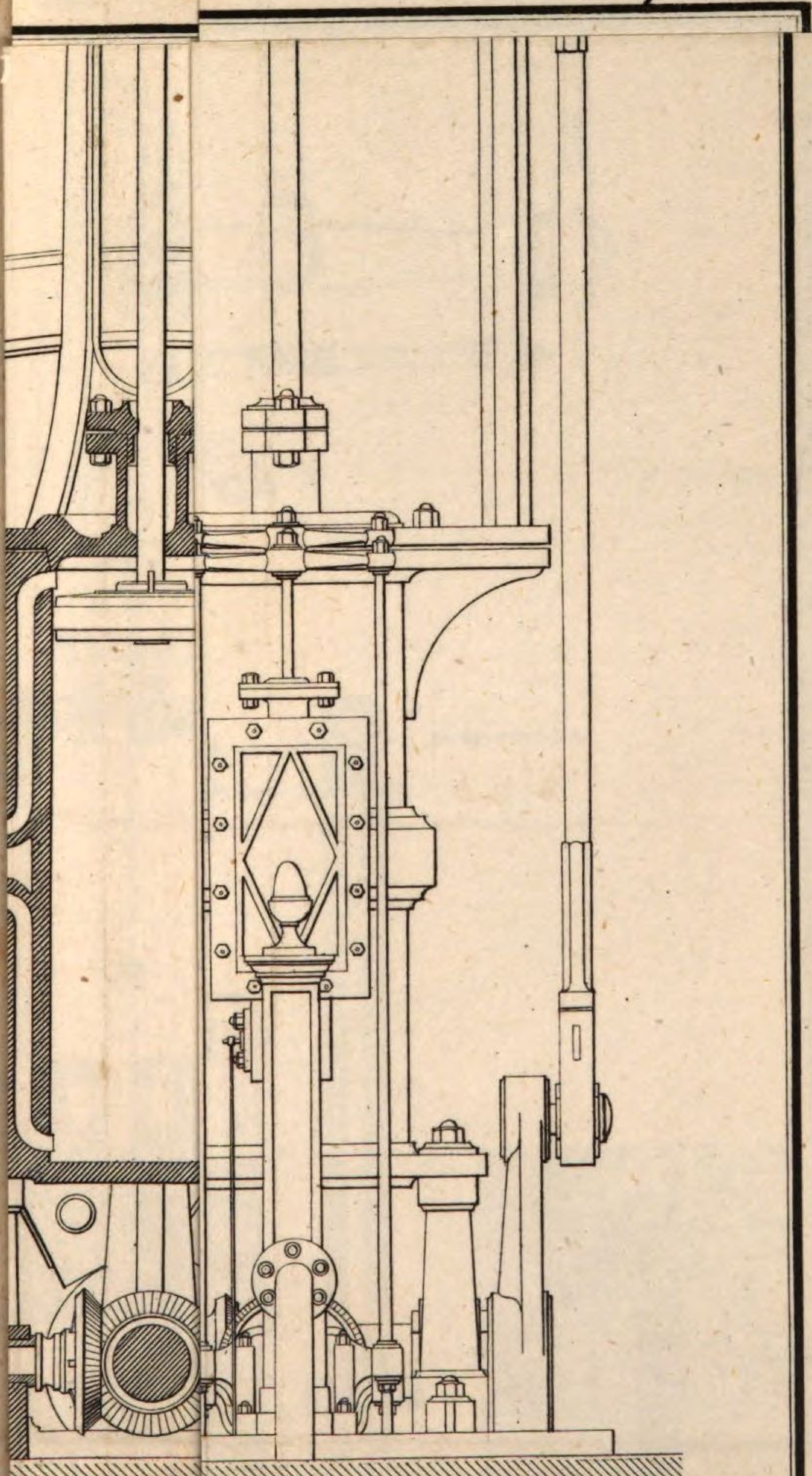


Fig. 12

Taf. XXVII



Taf. XXX.



Taf. XXXVII

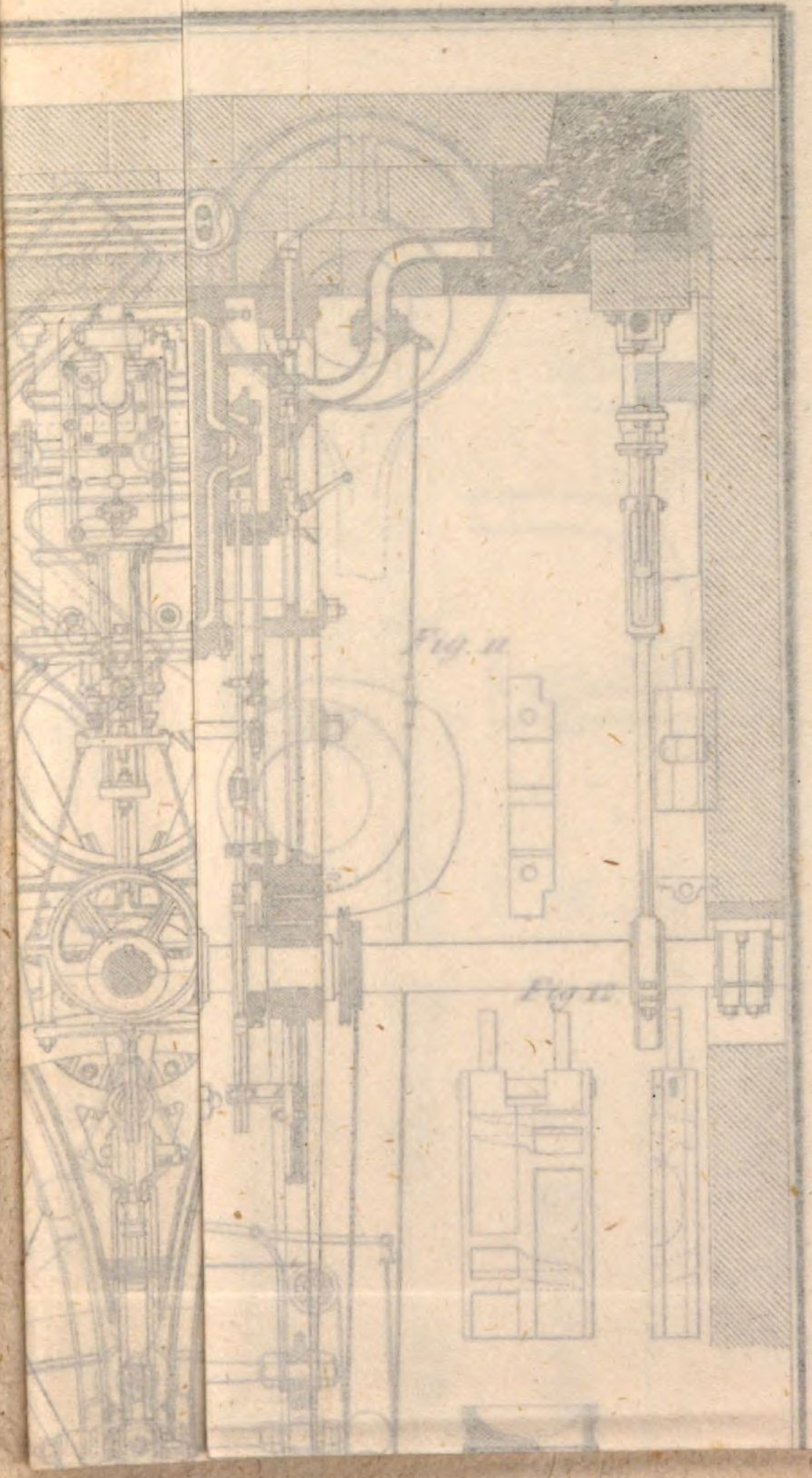
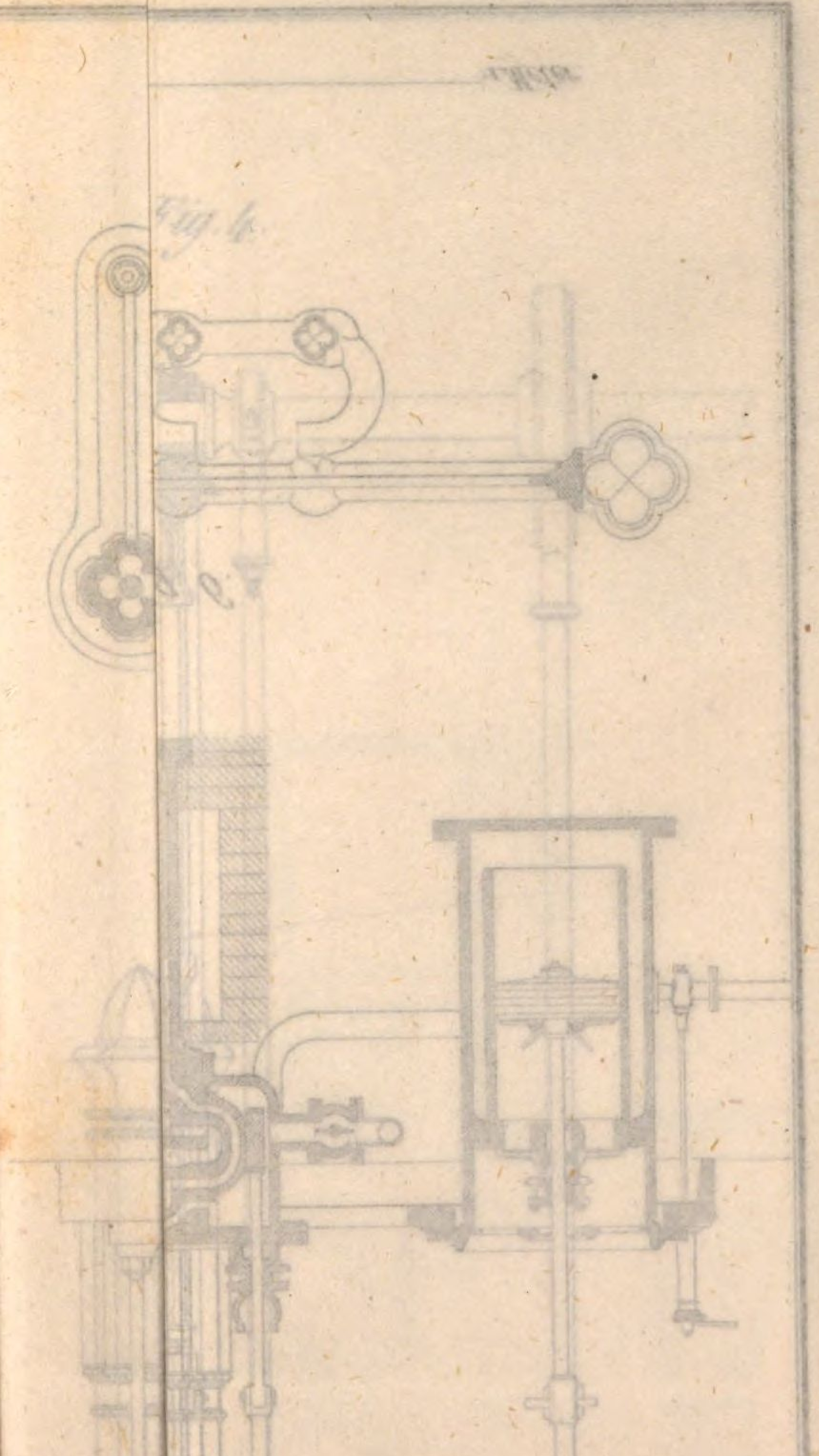
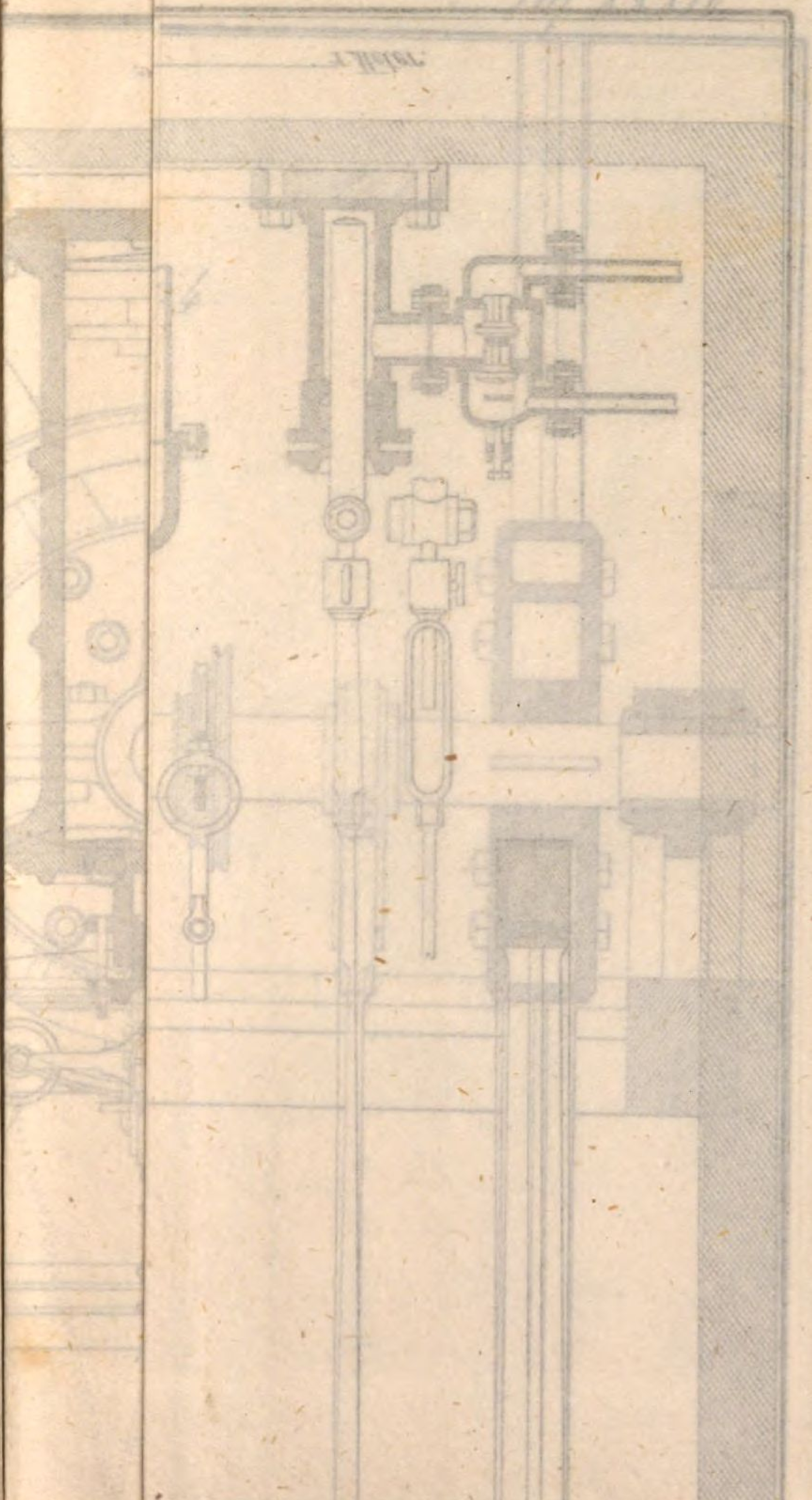
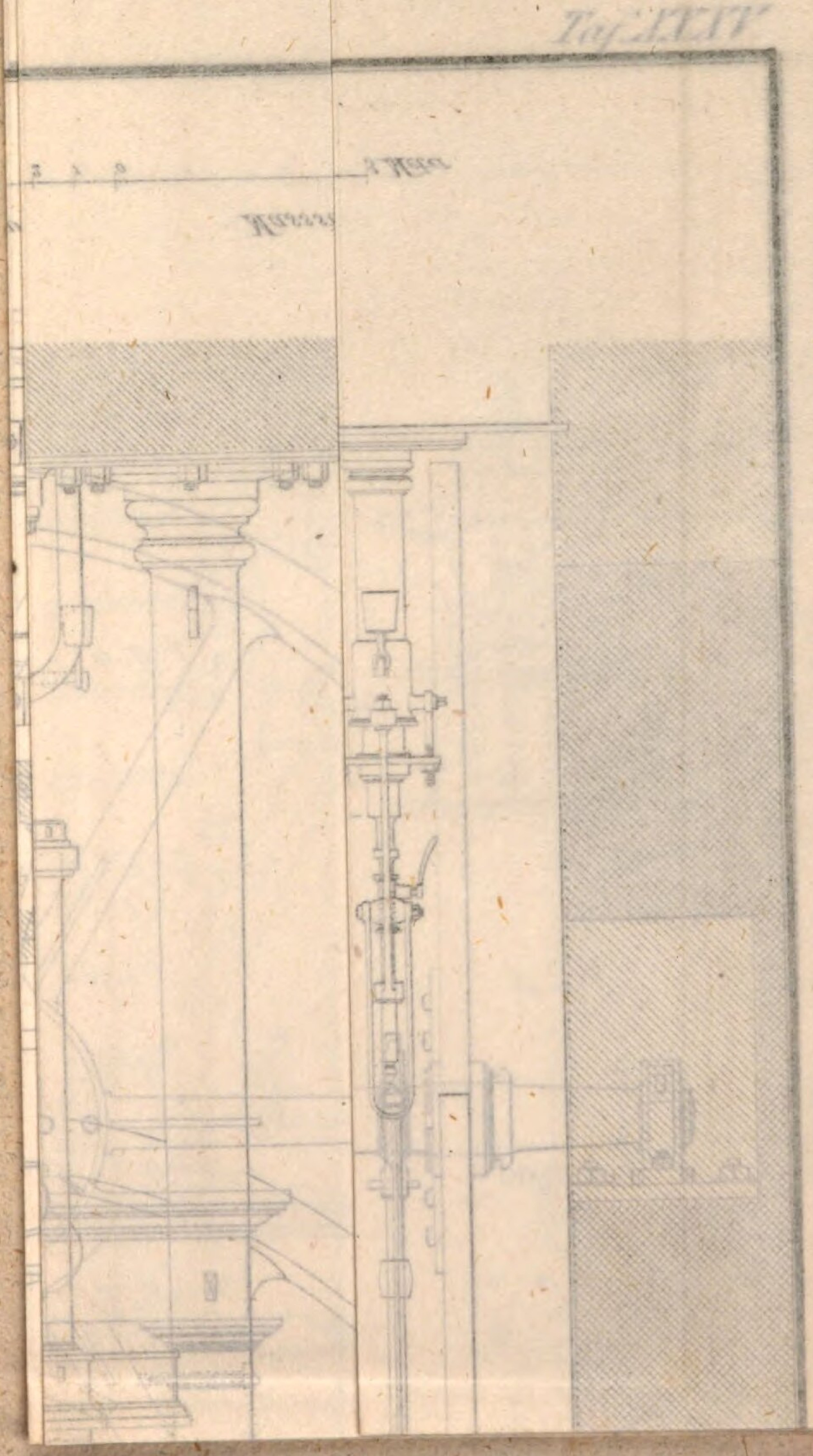


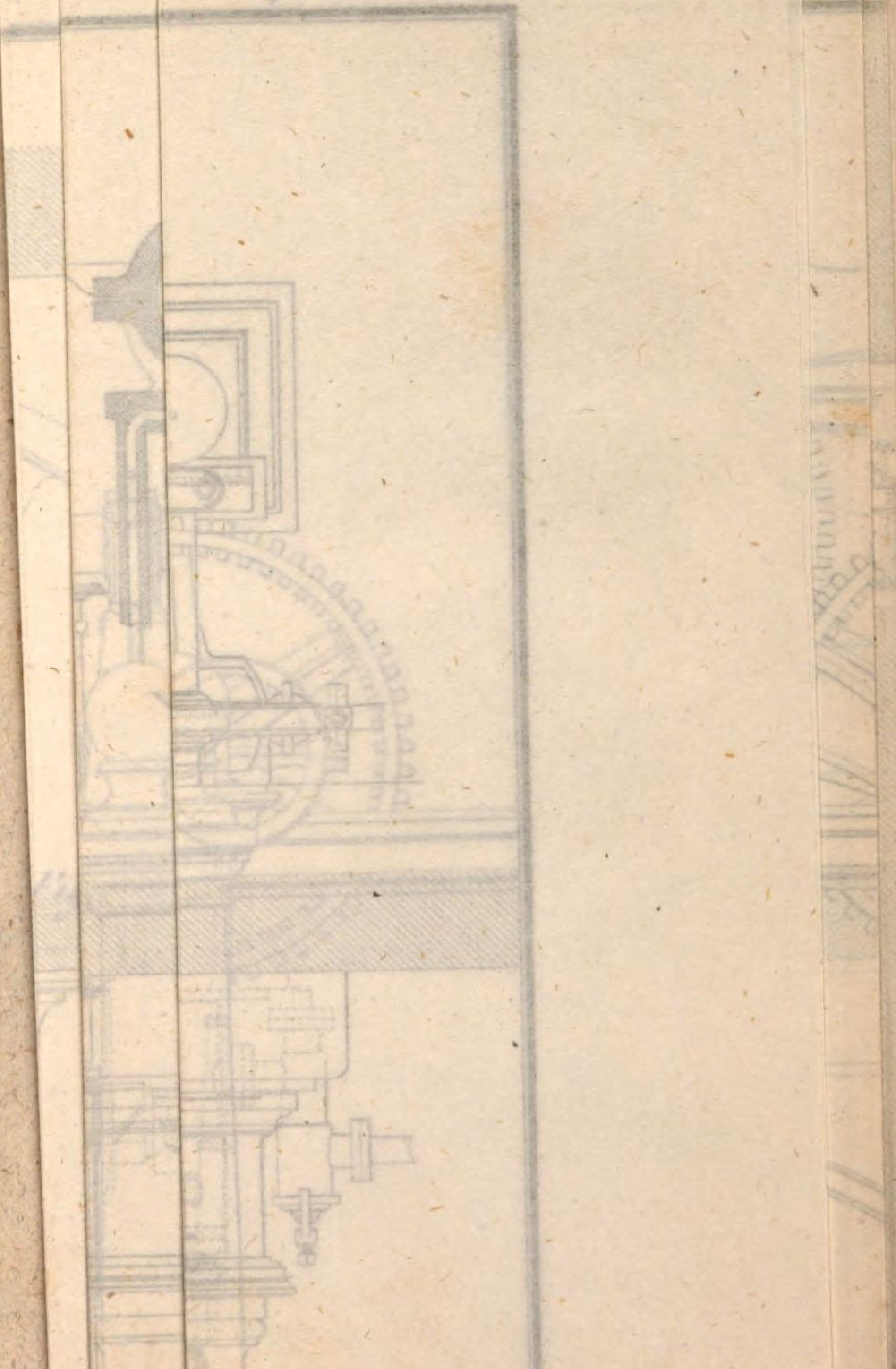
Fig. 4.







Taf. XXXVIII.



Taf. XXXIX

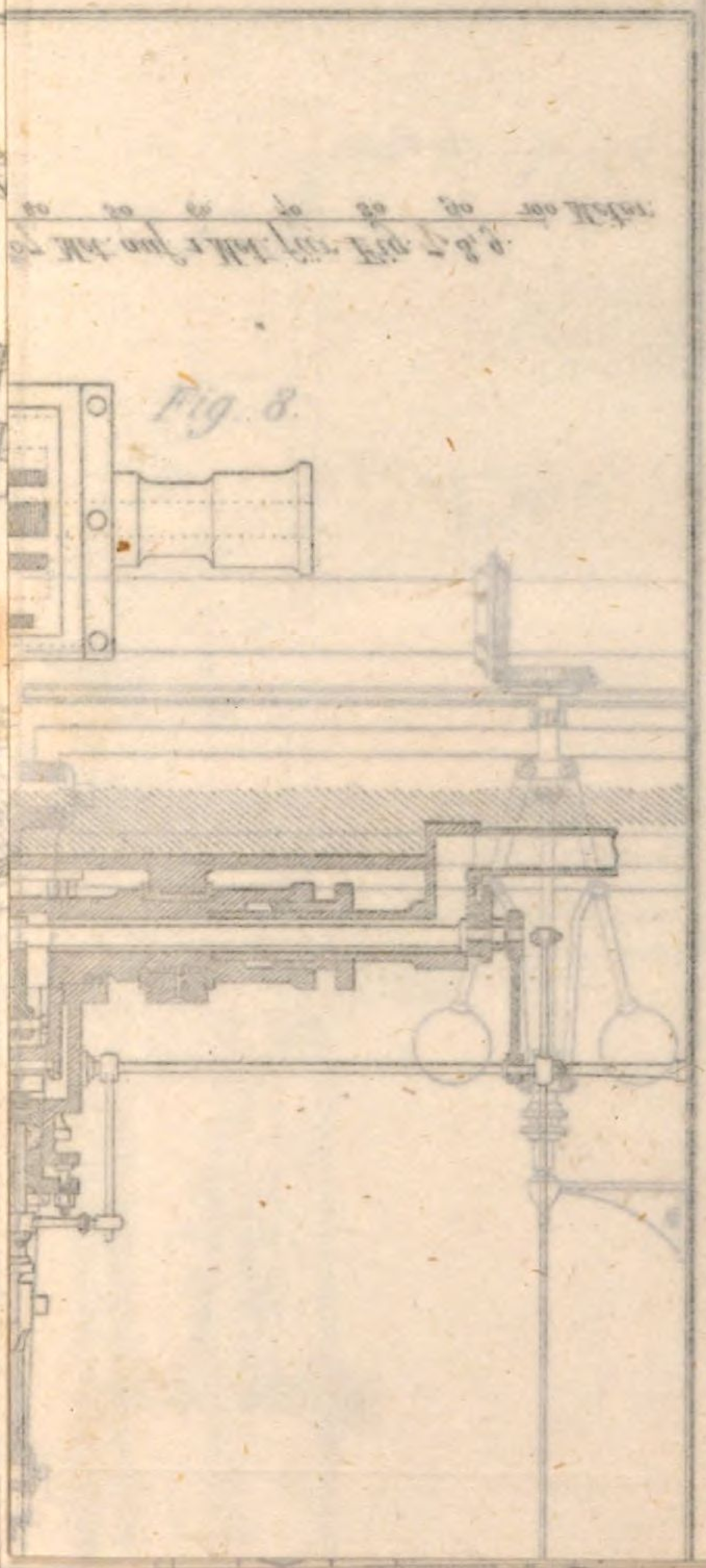


Fig. 8.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

<<Der>> praktische Maschinenbauer ein Handbuch für Maschinenbauer, Mechaniker, Kunstdrechsler und Fabrikbesitzer

Bd.: 27. 1849

Quedlinburg ; Leipzig 1849

BHS III 1-27

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10708244-5